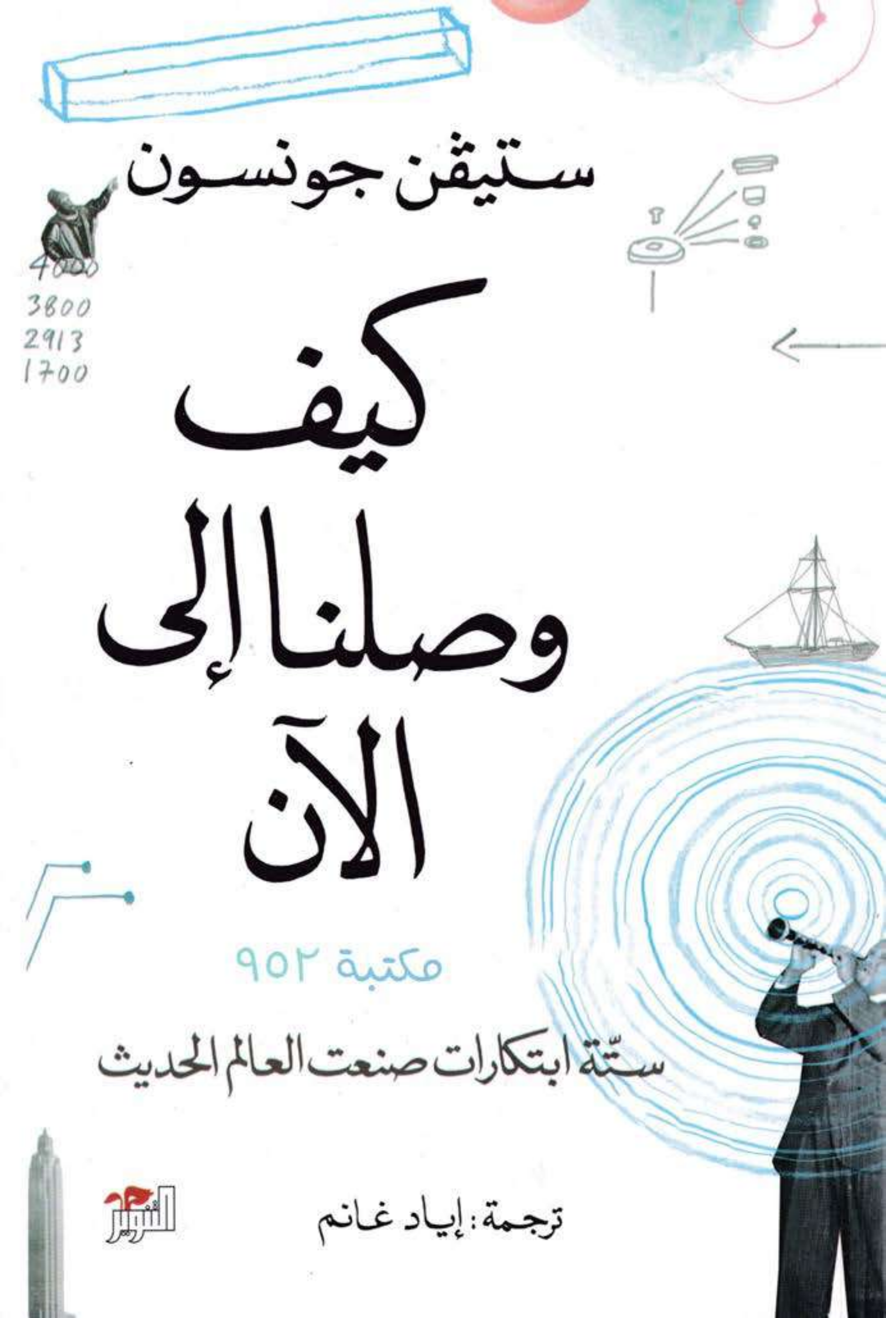


ستيفن جونسون
4000
3800
2913
1700
كيف وصلنا إلى الآن
مكتبة ٩٥٢
ستّة ابتكارات صنعت العالم الحديث
التنوير
ترجمة: إياد غانم



ستيفن جونسون

كيف وصلنا إلى الآن

ستة ابتكارات صنعت العالم الحديث

#952

الكتاب: كيف وصلنا إلى الآن
تأليف: ستيفن جونسون
ترجمة: إياد غانم
عدد الصفحات: 288 صفحة
الترقيم الدولي: 978-614-472-179-7
الطبعة الأولى: 2021

هذه ترجمة مرخصة لكتاب
HOW WE GOT TO NOW
Six Innovations That Made the Modern World
Steven Johnson تأليف

الناشر

دار التنوير للطباعة والنشر

مصر: القاهرة 2- شارع السرايا الكبرى (فؤاد سراج الدين سابقا) - جاردن سيتي
هاتف: 002022795557
بريد إلكتروني: cairo@dar-altanweer.com
تونس: 24، نهج سعيد أبو بكر - 1001 تونس
هاتف وفاكس: 0021670315690
بريد إلكتروني: tunis@dar-altanweer.com
لبنان: بيروت - بئر حسن - بناية فارس قاسم (سارة بنما) - الطابق السفلي
هاتف: 009611843340
بريد إلكتروني: darattanweer@gmail.com
موقع إلكتروني: www.daraltanweer.com

ستيفن جونسون

كيف وصلنا إلى الآن

سِتّة ابتِكارات صَنَعت العَالَم الحَديث

ترجمة: إياد غانم



المحتويات





مقدّمة

المؤرّخ الروبوت وأجنحة الطائر الطنّان

منذ أكثر من عقدين من الزمن، نشر الفنان والفيلسوف الأمريكي-المكسيكي *مانويل دي لاندا* كتابًا غريبًا ورائعًا تحت عنوان «*الحرب في عصر الآلات الذكية*». وكان الكتاب، من الناحية التقنية، تأريخًا للتكنولوجيا العسكرية، ولكن لم يكن هناك أي شيء مشترك بين الكتاب وما يتوقّعه المرء عادة من الكتب التي تتناول هذا الموضوع. فبدلًا من عرض الإنجازات الهائلة لهندسة الغواصات، المكتوبة من قبل عالم من علماء الأكاديمية البحرية، حاكَ كتاب دي *لاندا* نظرية الفوضى (الشواش)، علم الأحياء التطوّري، وفلسفة ما بعد البنيوية الفرنسية، ونسج منها كلها معًا تأريخًا للرصاصة المخروطية، الرادار، وغيرهما الكثير من الابتكارات العسكرية. أذكر قراءتي له كطالب جامعي في مطلع العشرينات من عمري، وشعوري بأنه واحد من تلك الكتب التي تبدو فريدة من نوعها، وكأن دي *لاندا* قد جاء إلى الأرض قادمًا من كوكب فكريّ آخر. بدا الكتاب لي ساحرًا ومربكًا جدًا في الوقت نفسه.

بدأ دي *لاندا* كتابه بجدل تفسيريّ بارع. وقال مخاطبًا قراءه: تخيّلوا كتابًا في التاريخ كُتب في زمن ما في المستقبل، من قبل ذكاء صنعيّ (روبوت)، يرسم تاريخ الألفية السابقة. 'يمكننا أن نتخيل بأن روبوتًا مؤرِّخًا كهذا سيكتب تاريخًا مختلفًا عما يمكن أن يكتبه الإنسان المؤرِّخ. كما أنّ الحوادث التي يعتبرها المؤرخ البشري حوادث مهمة -مثل

استيلاء الأوروبيين على الأمريكتين، انهيار الإمبراطورية الرومانية، ماجنا كارتا (أو الميثاق العظيم للحريات)- ستبدو مجرد حوادث هامشية من وجهة نظر المؤرخ الروبوت. كما أنّ بعض الحوادث الأخرى التي تبدو عادة هامشية للتأريخ التقليدي -كالإنسان الآلي اللعبة الذي يبدو وكأنه يلعب الشطرنج في القرن الثامن عشر، النول الذي ينسج الجاكار، الذي أوحى في ما بعد بالبطاقات المثقبة في بدايات الحوسبة- ستبدو من وجهة نظر المؤرخ الروبوت لحظات فاصلة ونقاط تحوّل مهمة تتبع خطًا مباشرًا وصولًا إلى الوقت الحالي. 'بينما قد يحاول المؤرّخ البشري أن يفهم كيف تمكّن الإنسان من صنع الساعات والمحركات وغيرها من الأدوات، سيركّز المؤرخ الآلي اهتمامه وتركيزه على الكيفية التي أثّرت فيها هذه الآلات على التطور البشري'، يوضح ديلاندا. سيركز المؤرّخ الرّوبوت على حقيقة أنه عندما كانت آلية عمل الساعات تمثّل التكنولوجيا المسيطرة على الكوكب، كان البشر يتخيلون العالم المحيط بهم على أنه نظام مشابه لها، مكوَّن من المسنَّنات والعجلات.

لا يوجد روبوتات ذكيّة في هذا الكتاب، للأسف. فالابتكارات التي أتحدث عنها هنا تنتمي إلى الحياة اليومية، وليس إلى الخيال العلمي: المصباح الكهربائي، التسجيلات الصوتية، تكييف الهواء، كأس من ماء الصنبور النظيف، ساعة اليد، وعدسة النظارة. لكني حاولت أن أروي قصة هذه الابتكارات من منظور يشبه منظور المؤرّخ الرّوبوت الذي تحدّث عنه دي لاندا. لو كان بمقدور المصباح الكهربائي أن يكتب تاريخ الأعوام الثلاثمائة الأخيرة، كان هذا التاريخ سيبدو مختلفًا جدًّا. كنا سنرى أن قدرًا كبيرًا من ماضينا ارتبط بالسعي إلى الضوء الصنعي، وكنا سندرك كم تطلّبت المعركة ضد الظلام من الإبداع والنضال، وكيف أنّ الابتكار الذي توصّلنا إليه قد أحدث تغييرات قد تبدو للوهلة الأولى غير ذات صلة بالمصباح الكهربائي.

هذا تاريخ يستحقّ أن يُروى، لأنه يسمح لنا بإعادة النظر في عالم نميل عمومًا إلى اعتباره من المسلّمات وعدم تقديره حق قدره، ويجعلُنا نراه بعين جديدة. قلما يتوقّف أحدنا في العالم المعاصر ويفكّر للحظة، كم هو أمر رائع أن نشرب ماء من الصنبور ولا نخشى أبدًا أن نموت بعد ذلك بثمانٍ وأربعين ساعة بسبب الإصابة بالكوليرا. وبفضل مكيّفات الهواء يعيش كثيرون منا في راحة تامّة في مناخات كانت لا تُحتمل منذ خمسين عامًا فقط. إن حياتنا مُحاطة ومدعومة بنسق كامل من الأشياء التي وُجدت نتيجةً لإبداعِ وأفكارِ آلاف الأشخاص الذين جاؤوا قبلنا: مخترعون وهواة وإصلاحيونَ مضوا بعيدًا في سعيهم إلى ابتكار الضوء الصنعي، أو ماء الشرب النظيف كي نتمكّن نحن من الاستمتاع بهذه الرفاهيات من دون أن نقف لحظة للتفكير فيها، ومن دون حتى النظر إليها كرفاهية أصلًا. وكما كان المؤرّخ الروبوت بلا شك سيذكّرنا، نحن مدينون لهؤلاء الأشخاص بقدر ما نحن مدينون، أو أكثر مما نحن مدينون، للملوك والفاتحين وغيرهم ممن يحظون باهتمام المؤرخين التقليديين.

لكن السبب الآخر لكتابة هذا النوع من التاريخ هو أنّ تلك الابتكارات قد أحدثت في المجتمع مجموعة من التغييرات أكبر بكثير مما تتوقّعون. يبدأ الابتكار والأفكار الجديدة عادة بمحاولة لحل مشكلة محدّدة، ولكن فور انتشار هذه الابتكارات وتداولها، تنتهي إلى خلق تغييرات جديدة من الصعب جدًا التكهّن بها. يظهر هذا النمط من التغيير باستمرار في التاريخ التطوري. فكّروا بالتلقيح مثلًا: ففي وقت ما أثناء العصر الكريتاسي، بدأت الأزهار بإطلاق الشذى واكتساب الألوان التي تنبه الحشرات إلى وجود غبار الطلع، كما أنّ الحشرات بدورها طوّرت أجهزة معقّدة لاستخراج الرحيق، وبالتالي، ومن دون قصد، تلقيح الأزهار الأخرى بغبار الطلع. مع مرور الوقت، زوّدت الأزهار غبارَ الطلع برحيق غني بالطاقة لإغراء الحشرات أكثر بطقوس التلقيح.

طوّر النحل وغيره من الحشرات أدوات حسّيّة كي يرى وينجذب إلى الأزهار، تمامًا كما طوّرت الأزهار الخصائص التي تجتذب النحل. هذا نوع آخر من قانون «البقاء للأقوى»، بخلاف القصة التنافسية المعتادة التي تبلغ محصّلتها الصفر والتي كثيرًا ما نسمعها في النسخ المبسَّطة للنظرية الداروينية. وهو أيضًا قانون أكثر تكافليّةً: فالحشرات والأزهار تنجح لأنها، فيزيائيًا، منسجمة في ما بينها. (المصطلح التقني الذي يعبّر عن هذا هو: التطوّر المشترك). ولم تغِب أهمية هذه العلاقة عن ذهن *تشارلز داروين*، الذي ألحق كتابه أصل الأنواع بكتاب كامل عن تلقيح زهرة الأوركيد.

كثيرًا ما تؤدّي تفاعلات التطوّر المشترك هذه إلى تحوّلات في الكائنات الحيّة، تبدو للوهلة الأولى أنْ لا علاقة لها بالنوع الأصلي قبل التحول. إن التكافل بين النباتات المزهرة والحشرات، والذي أدى إلى إنتاج الرحيق، أتاح الفرصة لكائنات حيّة أكبر -كطائر الطنّان- لامتصاص الرحيق من الأزهار، ولكن كي تتمكّن هذه الطيور من فعل ذلك طوّرت شكلًا غير معتاد من آليات الطيران يمكّنها من الرفرفة بجانب الزهرات بطريقة تعجز الطيور الأخرى عنها. تستطيع الحشرات موازنة نفسها أثناء الطيران لأنها تتمتّع بمرونة هي من أصل تشريحها، وهي مرونة تفتقر إليها الفقاريات. مع ذلك، وعلى الرغم من التقييدات التي يفرضها هيكله العظمي، طوّرَ طائر الطنان طريقة جديدة لرفرفة جناحَيه بالتناوب، بصورة تمنح تأثيرًا متساويًا لحركة الجناح نحو الأسفل ونحو الأعلى، مما يمكّنه من أن يطفو وسط الهواء بينما يمتص الرحيق من الأزهار. هذه هي الطفرات الغريبة التي يحدثها التطوّر دائما: فتدابير التكاثر عند النبات أدت إلى تعديل أجنحة الطائر الطنان وحركتها. لو كان هناك علماء طبيعة كي يرصدوا بداية تطوّر سلوك الحشرات في تلقيحها للأزهار، إلى جانب النباتات المزهرة، كانوا سيفترضون منطقيًا بأن هذه

الطقوس الجديدة الغريبة ليس لها علاقة بحياة الطيور. ومع ذلك أدى هذا السلوك إلى تسريع أحد التحولات المدهشة في التاريخ التطوّري للطيور.

إن تاريخ الأفكار والابتكارات يتكشّف بالطريقة ذاتها. فالمطبعة التي اخترعها يوهانز غوتنبرغ ولّدت تصاعدًا كبيرًا في الطّلب على النظارات، لأن انتشار العادة الجديدة وهي القراءة جعلت الأوروبيين في كل أنحاء القارة يدركون فجأة أنهم يعانون من مدّ النظر. شجّعت زيادة الطلب على النظارات عددًا متزايدًا من الأشخاص على إنتاج العدسات وإجراء التجارب عليها، مما أدّى إلى اختراع المجهر، والذي مكّننا بعد ذلك بوقت قصير من اكتشاف أن أجسامنا مكوّنة من خلايا مجهريّة. ما كان ليخطر على بال المرء أن تكنولوجيا الطباعة لها أي علاقة في توسيع مداركنا وصولًا إلى مستوى معرفة الخلية، تمامًا كما أنّه لن يخطر على بال المرء أن تطوّر التلقيح سوف يغير تصميم أجنحة الطائر الطنان. ولكن هذه هي الطريقة التي يحدث فيها التغيير.

قد يبدو هذا، للوهلة الأولى، مجرّد تنويع آخر على المفهوم الشهير المعروف باسم 'تأثير الفراشة' المستقى من نظرية الفوضى، والذي يقول إن رفّة جناح فراشة في كاليفورنيا قد يؤدّي إلى إثارة إعصار في وسط الأطلسي. ولكن، في الحقيقة، الأمران مختلفان اختلافًا جوهريًا. فالصفة المميّزة الاستثنائية (والمقلقة) لتأثير الفراشة هي حقيقة أنها واقعيًا تنطوي على سلسلة سببية لا يمكن معرفتها. ولا يمكن وضع رسم مفصّل للعلاقة بين جزيئات الهواء التي تتحرّك حول الفراشة، وبين نظام العاصفة التي تتشكّل في المحيط الأطلسي. ربما كان هناك ارتباط ما بين الأمرين، لأنّ كل الأشياء مرتبطة ببعضها على مستوى ما، ولكن تحليل هذا الارتباط هو أمر فوق قدرتنا، والأمر الأصعب هو التنبؤ به مقدمًا. لكن شيئًا آخر مختلفًا تمامًا هو قيد التأثير في حالة الزهرة والطائر

الطنّان: فعلى الرغم من أنهما كائنان حيّان يختلفان كثيرًا عن بعضهما، ولكلّ منهما حاجات تختلف كثيرًا عن حاجات الآخر، ناهيك عن نظامَيْهما البيولوجيين الأساسيين، تؤثّر الزهرة بطريقة مباشرة وواضحة ومفهومة على الصفات الظاهرة للطائر الطنّان..

هذا الكتاب إذًا هو، جزئيًا، حول سلسلة التأثيرات الغريبة لكل ابتكار، والتي سنعبّر عنها بمصطلح 'تأثيرات الطائر الطنّان'. فابتكار واحد، أو مجموعة من الابتكارات، في مجال معيّن تؤدّي إلى تغييرات تبدو وكأنها تنتمي إلى مجال آخر مختلف تمامًا. تأثيرات الطائر الطنان هذه تأتي بأشكال متنوعة. بعضها بديهي: فالزيادة الهائلة في مشاركة الطاقة والمعلومات مثلًا ولّدت موجة تغيير فوضويّة تتخطّى بسهولة الحدود الثقافية والاجتماعية. (لننظر فقط إلى قصة الإنترنت خلال الأعوام الثلاثين الأخيرة.) لكن هناك أيضًا نوعًا خفيًّا من «تأثيرات الطائر الطنّان»، تترك وراءها بصمات سببيّة أقل وضوحًا. فالتقدّم المفاجئ في قدرتنا على قياس الظواهر الطبيعية -كالزمن، الحرارة، الكتلة- خلق فرصًا جديدة تبدو للوهلة الأولى غير ذات صلة. (فساعات البندول مثلًا جعلت المدن الصناعية والثورة الصناعية أمرًا ممكنًا). أحيانًا، كما هو الحال في قصة غوتنبرغ والعدسات، يؤدّي ابتكار جديد إلى خلق عائق أو عجز ما في أجهزتنا الطبيعية، مما يدفعنا في اتجاه جديد، لخلق أدوات جديدة تساعدنا على حل مشكلة كانت هي ذاتها نوعًا من الابتكار. تؤدّي الابتكارات الجديدة إلى إزالة العوائق الطبيعية أمام الإنسان وتقدّمه، فابتكار مكيّف الهواء مثلا مكّن الإنسان من إقامة مستعمرات في بقاع حارة من سطح الكوكب بمعدل كان سيثير دهشة أسلافنا قبل جيلين أو ثلاثة فقط. وفي بعض الأحيان، تؤثّر الابتكارات الجديدة علينا بصورة مجازية، كالصلة التي يلحظها المؤرخ الرّوبوت بين ساعات البندول وأفكار الميكانيك في بدايات علم الفيزياء، حيث ساد تصوّر عن الكون

على أنه نظام من 'المسنّنات والعجلات'.

إن مراقبة ما اصطلحنا على تسميته 'تأثيرات الطائر الطنّان' عبر التاريخ، يوضح لنا أن التحوّلات الاجتماعية ليست دائمًا نتيجة مباشرة لقرارات الإنسان وتدخّله. يحدث التغيير أحيانًا نتيجة أفعال القادة السياسيين، أو المخترعين، أو حركات الاحتجاج، التي تخلق عمدًا واقعًا جديدًا عبر التخطيط الواعي المتعمَد. (لدينا نظام وطني متكامل للطرق السريعة في الولايات المتحدة، ويعود السبب بجزئه الأكبر إلى إقرار قادتنا السياسيين لقانون الطرق السريعة الفيدرالي العام 1956). ولكن في حالات أخرى، تبدو الأفكار والابتكارات وكأنّ لها حياة مستقلة خاصّة بها، وتولّد تغييرات في المجتمع لم يسعَ إليها صاحب هذه الأفكار والاختراعات في المقام الأول. فمخترعوّ مكيف الهواء لم يكونوا يسعون إلى تغيير الخارطة السياسية لأمريكا عندما شرعوا في تكييف غرف الجلوس ومباني المكاتب، ولكن كما سنرى لاحقًا، فإن التكنولوجيا التي أطلقوها أدّت إلى تغييرات جذريّة في نمط الاستيطان الأمريكي، مما أدى بدوره إلى تغيير شاغلي الكونغرس والبيت الأبيض.

لقد قاومتُ النزعة المفهومة إلى تقييم هذه التغييرات من خلال حكم قِيَميّ أخلاقي. أؤكد أن هذا الكتاب يحتفي بإبداعاتنا، ولكن التوصّل إلى اختراع ما لا يعني أنه لن يكون له عواقب متضاربة ناتجة عن تفاعله مع المجتمع. إن معظم الأفكار التي يتم 'انتقاؤها' من قبل ثقافة ما تُعتبر تغييرات نحو الأفضل من وجهة النظر المحلّية: والحالات التي اخترنا فيها تكنولوجيا أو مبدأ علميًّا أدنى منزلةً على حساب أفكار وتكنولوجيات أخرى أدقّ وأكثر إثمارًا، ما هي إلا الاستثناءات التي تثبت القاعدة. وحتى عندما اهتممنا لوقتٍ قصير بنظام تصوير الفيديو المنزلي VHS، وأهملنا نظام الفيديو بيتاماكس، المنتشر حاليًا، أتانا بعد وقت قصير نظام الـDVD 'الأقراص المضغوطة'، وتفوّق على كلا الخيارين.

إذًا عندما تنظر إلى خط سير التاريخ عبر هذا المنظور، سترى أنه يتجه باتجاه الأدوات الأفضل، ومصادر الطاقة الأفضل، والطرائق الأفضل لنقل المعلومات.

تكمن المشكلة في العوامل الخارجية وفي العواقب غير المتعمَّدة التي تؤدّي إليها الابتكارات.. فعندما أطلقت شركة غوغل محرّك بحثها الأساسي العام 1999، شكّل ذلك تحسينًا مهمًّا وتفوّقًا على كل التقنيات السابقة المتَّبعة للبحث في أرشيف الشبكة العنكبوتية الهائل. وكان ذلك مدعاة للاحتفال على كل المستويات: فشركة غوغل جعلت الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) أكثر فائدة، ومجانًا. ولكن شركة غوغل بدأت ببيع الإعلانات المرتبطة بطلبات البحث التي تستقبلها، وخلال سنوات قليلة، أدت فعالية البحث عبر غوغل (إلى جانب عدد من الخدمات الأخرى عبر الإنترنت مثل Craigslist) إلى إفراغ قاعدة الإعلانات عبر الصحف المحلية في كل أنحاء الولايات المتحدة من مضمونها. لم يتنبّأ أحد بحدوث ذلك، بمن في ذلك مؤسّسو شركة غوغل. يمكن للمرء أن يحاجج -ومن المرجّح أن أحاجج أنا أيضًا- أن هذا التغيير كان يستحق العناء، وأن التحدّي الذي جسّدته شركة غوغل سيؤدّي في النهاية إلى انطلاق أشكال أفضل من الصحافة، تعتمد على الفرص الاستثنائية التي تتيحها شبكة الإنترنت بدلًا من الاعتماد على الطباعة. ولكن لا بد من القول بالتأكيد بأن صعود الإعلان عبر الإنترنت كان، بشكل عام، تطورًا سلبيًا بالنسبة للموارد العامة الأساسية للصحافة المطبوعة. يحتدم الجدل نفسه حول كل تقدّم تكنولوجي: فالسيارات نقلتنا بكفاءة أكبر من الخيول، ولكن هل كان ذلك يستحق العناء مقارنة بتأثيرها على البيئة وعلى إمكانية المشي عبر المدن؟ مكيّف الهواء جعلنا قادرين على العيش في الصحراء، ولكن ماذا كان تأثيره على مواردنا المائية؟

هذا الكتاب لا أدْريٌّ (جدليٌّ) بصورة حازمة عندما يتعلّق الأمر بهذه

الأسئلة الأخلاقية. إن معرفة ما إذا كنا نعتقد بأن التغيير هو أفضل لنا على المدى الطويل يختلف تمامًا عن معرفة الكيفية التي حصل فيها التغيير منذ البداية. كِلا المعرفتين أساسيتين إذا كنا نسعى إلى فهم التاريخ ورسم طريقنا نحو المستقبل. نحتاج إلى معرفة كيفية حصول الابتكارات في المجتمع. من الضروري أن نكون قادرين، بقدر ما نستطيع، على فهم تأثيرات الطائر الطنان والتنبؤ بها. هذه التأثيرات التي ستُحدث تغييرات في مجالات أخرى بعد كل ابتكار جديد في مجال ما. ونحتاج في الوقت نفسه إلى نظام قِيَميّ ليساعدنا على تقرير أي نوع من التغييرات يجب أن نشجع وأي الفوائد لا تستحق ما ندفعه ثمنًا لها. حاولتُ أن أوضح كل العواقب التي نجمت عن الابتكارات التي أتناولها في هذا الكتاب، العواقب الجيدة والسيئة. الأنبوب المفرَّغ ساعد على انتشار الجاز ووصوله إلى جمهور كبير، لكنه ساعد أيضًا على تكبير مسيرات نورمبيرغ. كيف نشعر في النهاية حيال هذه التحولات -وهل نحن أفضل حالًا بفضل اختراع الأنبوب المفرَّغ؟- الإجابة ستتوقّف على منظومة المعتقدات الخاصّة بنا حيال التغيير السياسي والاجتماعي.

ينبغي أن أذكر عنصرًا آخر من العناصر التي يركز عليها هذا الكتاب. ,,كلمة 'نحن' في هذا الكتاب، وفي عنوانه أيضًا، تعني إلى حد بعيد 'نحن الأمريكيين الشماليين والأوربيين. فالقصة التي تروي كيف وصلت الصين أو البرازيل إلى الآن، ستكون قصّة مختلفة، ولكنها مثيرة للاهتمام تمامًا كالقصة التي أرويها هنا. لكن القصة الأوروبية/ الشمال-أمريكية، رغم أنها محدودة في إطارها الجغرافي، إلا أنها مع ذلك ذات أهمية وتأثير واسعَيْن، لأن خبرات محددة حاسمة -كصعود المنهج العلمي، التصنيع- حدثت في أوروبا أولًا، وانتشرت الآن في كل أنحاء العالم. (لماذا حدثت في أوروبا أولًا هو بالطبع أحد الأسئلة الأكثر إثارة للاهتمام، لكنه ليس سؤالا يسعى هذا الكتاب إلى الإجابة عليه).

تلك الأشياء الرائعة التي تُستعمل في الحياة اليومية -تلك المصابيح الكهربائية والعدسات والتسجيلات الصوتية- هي الآن جزء من الحياة اليومية للبشر في كل مكان على هذا الكوكب. كما أن رواية قصة الألف سنة الأخيرة من منظورها هو أمر مثير للاهتمام، بغضّ النظر عن المكان الذي يصادف أنك تعيش فيه. تتّخذ الابتكارات الجديدة أشكالها بتأثير التاريخ الجيوسياسي، وهي تتجمّع في المدن والمراكز التجارية. ولكنّها على المدى الطويل لا تصبر كثيرًا على الحدود والهويات الوطنية، ويصحّ هذا أكثر ما يصحّ على عالمنا المترابط.

حاولت أن ألتزم بهذا لأن التاريخ الذي كتبته هنا يُعدّ، ضمن هذه الحدود، شاملًا قدر المستطاع. إن رواية القصة المتعلّقة بقدرتنا على التقاط وبث الصوت البشري، على سبيل المثال، ليست قصة تتعلّق فقط ببعض المخترعين، كإديسون وبِلْ، الذين حفظ كل طالب أسماءهم عن ظهر قلب. إنها أيضًا قصة الرسم التشريحي للأذن البشرية في القرن الثامن عشر، وغرق سفينة التايتانيك، وحركة المطالبة بالحقوق المدنية، والخصائص الصوتية الغريبة لأنبوب مفَرَّغ مكسور. كنت قد أسميت هذا النهج في مكان آخر «تاريخ الزّوم المديد long zoom»: وهو محاولة لشرح تغييرات تاريخية من خلال تفحّص مستويات متعدّدة لتجاربنا - بدءًا من ذبذبات الموجات الصوتية على طبلة الأذن وصولًا إلى الحركات السياسية الجماهيرية. قد نميل أكثر إلى جعل رواية التاريخ تقتصر على مستوى الأفراد أو الأمم، ولكننا على مستوى ما، ليس من الصحيح أن نبقى ضمن هذه الحدود. يحدث التاريخ على مستوى الذرة، على مستوى التغيير المناخي للكوكب، وعلى كل المستويات بينهما. وإذا كان هدفنا هو فهم القصة جيدًا، نحتاج إلى منهج تفسيري يحقّق العدالة لكل هذه المستويات المختلفة.

وصف عالم الفيزياء ريتشارد فاينمان مرةً العلاقة بين الجماليات

والعلم بنفس الطريقة:

لديَّ صديق فنان كثيرًا ما يتبنّى آراءً لا أتفق معها كثيرًا. يرفع أحيانًا زهرة في يده قائلًا: 'انظر ما أجملها' فأوافقه الرأي. ثم يضيف: 'أستطيع أنا كفنان أن أرى كم هذه الزهرة جميلة، أمّا أنت كعالم فتفكّكها إلى أجزاء مما يجعلها شيئًا باهتًا مملًا. يجعلني قوله هذا أشعر بأنه غريب الأطوار. أولًا، لأنّ الجمال الذي يراه هو متوفّر للآخرين ولي أيضًا، على ما أعتقد. رغم أني قد لا أتمتّع بحسٍّ جمالي رفيع مثله... لكنّني قادر على تذوّق وتقدير جمال زهرة. وفي الوقت نفسه، أدرك جوانب كثيرة أخرى متعلّقة بالزهرة لا يدركها هو. فأنا قادر على تخيّل الخلايا المكوّنة لها، والعمليات المعقّدة التي تحدث داخلها، ولكلّ ذلك جوانبه الجمالية أيضًا. أعني أن الجمال لا يقتصر على هذا البُعد، على هذا السنتيمتر الواحد الذي نراه. فالأبعاد الصغيرة والبُنية الداخلية والعمليات التي تجري فيها تنطوي على الجمال أيضًا. وحقيقة أن الألوان في الزهرة تطوّرت كي تجذب الحشرات لتلقيحها هي حقيقة مثيرة للاهتمام أيضًا. فهي تعني أن الحشرات قادرة على رؤية الألوان. وهذا يضيف سؤالًا آخر: هل يوجد حسٌّ جمالي عند الكائنات الأدنى؟ ولماذا يعَدّ جماليًا؟ ويطرح ذلك أسئلة مشوّقة من كل نوع مما يبين أن المعرفة العلمية تضيف إلى غموض وروعة الزهرة. هذه المعرفة تضيف إلى الحسّ الجمالي ولا أستطيع تصوّر أنها تُنقصه.

هنالك جانب لا يمكن إنكار جاذبيته يميّز قصة المبتكِر أو العالِم الكبير الذي يشقّ طريقه نحو فكرة من شأنها إحداث تحوّل في حياتنا – غاليليو وتلسكوبه أو مِقرابه، على سبيل المثال. ولكن هناك قصة أخرى

أعمق يمكن أن تروى أيضًا: قصةُ كيف أنّ القدرة على صناعة العدسات أيضًا اعتمدت على خصائص ميكانيكا الكمّ لثاني أوكسيد السيليكون، كما اعتمدت على سقوط القسطنطينية. إن رواية القصة من هذا المنظور لا يُنقص الاهتمام التقليدي الذي تحظى به عبقرية *غاليليو*. بل تضيف إلى هذا الاهتمام.



الفصل الأول

الزجاج

منذ حوالى 26 مليون سنة خلت، حدث شيء على رمال الصحراء الليبية، تلك السهول الجرداء، شديدة الجفاف التي تحدّ الحافّة الشرقية للصحارى. لا نعلم بالضبط ما كان هذا الشيء، ولكننا نعلم أنه كان حارًا. انصهرت حبيبات السيليكا والتحمت تحت تأثير حرارة مرتفعة جدًا قد تكون وصلت إلى ألف درجة مئوية. تمتلك مركّبات ثاني أوكسيد السيلكون المتشكّلة عددًا من الصفات الكيميائية الغريبة. إنها، كما الماء، تشكّل بلورات في حالتها الصلبة، وتنصهر إلى سائل عندما تتعرّض للتسخين. ولكن درجة انصهار ثاني أوكسيد السيليكون أعلى من مثيلتها للماء، فهو يحتاج إلى 500 درجة فهرنهايت لينصهر بدلًا من 32 درجة فهرنهايت لانصهار الماء. ولكن الشيء الغريب حقًا بالنسبة لثاني أوكسيد السيليكون هو ما يحصل عندما يبرد. في كل مرة تنخفض فيها درجة حرارة الماء السائل فإنه يعيد تشكيل بللورات الجليد بسهولة. ولكن ثاني أوكسيد السيليكون غير قادر لسبب ما على إعادة تشكيل نفسه في هيئة البنية البلّورية المنتظمة التي كان عليها. إنه يشكل، بدلًا من ذلك، مادة جديدة معلّقة في حالة غريبة بين الصلب والسائل، هي مادة كان البشر مهووسين بها منذ فجر الحضارات. عندما بردت تلك الحبيبات من الرمل، التي كانت قد تعرّضت لتسخين فائق، إلى درجة حرارة أخفض من نقطة انصهارها أدى ذلك إلى تغطية مساحات شاسعة من الصحراء الليبية بطبقة من المادة التي ندعوها الآن الزجاج.

منذ حوالى عشرة آلاف سنة، زائدًا أو ناقصًا بضعة آلاف من السنين، عثر أحد المسافرين عبر هذه الصحراء على قطعة كبيرة من هذا الزجاج. لا نعلم أي شيء إضافي عن هذه القطعة، كل ما نعلمه أنها لا بد أن تكون قد أثارت إعجاب كل من رآها، لأنها تنقّلت بين الأسواق والشبكات الاجتماعية للحضارة القديمة، إلى أن حطت الرحال لتصبح القطعة الرئيسية في دبوس مزخرف (بروش) منحوتة في هيئة خنفساء الجعل[1]. لقد بقيت في مكانها من دون أن يلمسها أحد أربعة آلاف سنة، إلى أن استخرجها علماء الآثار من الأرض عام 1922 عندما كانوا يستكشفون مدفن أحد الحكام المصريين. رغمًا عن كل الظروف، وجدت تلك الشظية الصغيرة من ثاني أوكسيد السيليكون طريقها من الصحراء الليبية إلى مدفن توت عنخ آمون.

حقّق الزجاج أول انتقال له من استعماله في الزينة إلى تكنولوجيا متطوّرة في أوج الإمبراطورية الرومانية، عندما اكتشف صانعو الزجاج طرائق لجعل هذه المادة أكثر متانة وأقل ضبابية من الزجاج المتشكّل طبيعيًا كتلك القطعة الموجودة في هيئة خنفساء الجعل في قبر الملك توت عنخ آمون. صُنعت النوافذ الزجاجية لأول مرة خلال تلك الفترة، مؤسِّسة بذلك للأبراج الزجاجية المتلألئة التي تشغَل آفاق المدن حول العالم. ظهرت الجماليات البصرية لشرب النبيذ مع استهلاك الناس لهذا المشروب في أوانٍ زجاجية شبه شفافة وتخزينه في قوارير زجاجية. ولكن يمكن، بطريقة ما، التنبؤ نسبيًا بالتاريخ المبكر للزجاج: لقد اكتشف صنّاع الزجاج كيفية صهر السيليكا لتحويلها إلى أوانٍ للشرب أو ألواح زجاج للنوافذ، تمامًا نفس النوع من الاستعمالات النموذجية التي نربطها بشكل فطري (بالسليقة) مع الزجاج في أيامنا هذه. تطلّب الأمر

(1) خنفساء الجعل scarab beetle: هي خنافس كبيرة الحجم ذات جناحين قاسيين وألوان غامقة إلى سوداء تتبع لرتبة غمدية الأجنحة Coleoptera. المترجم.

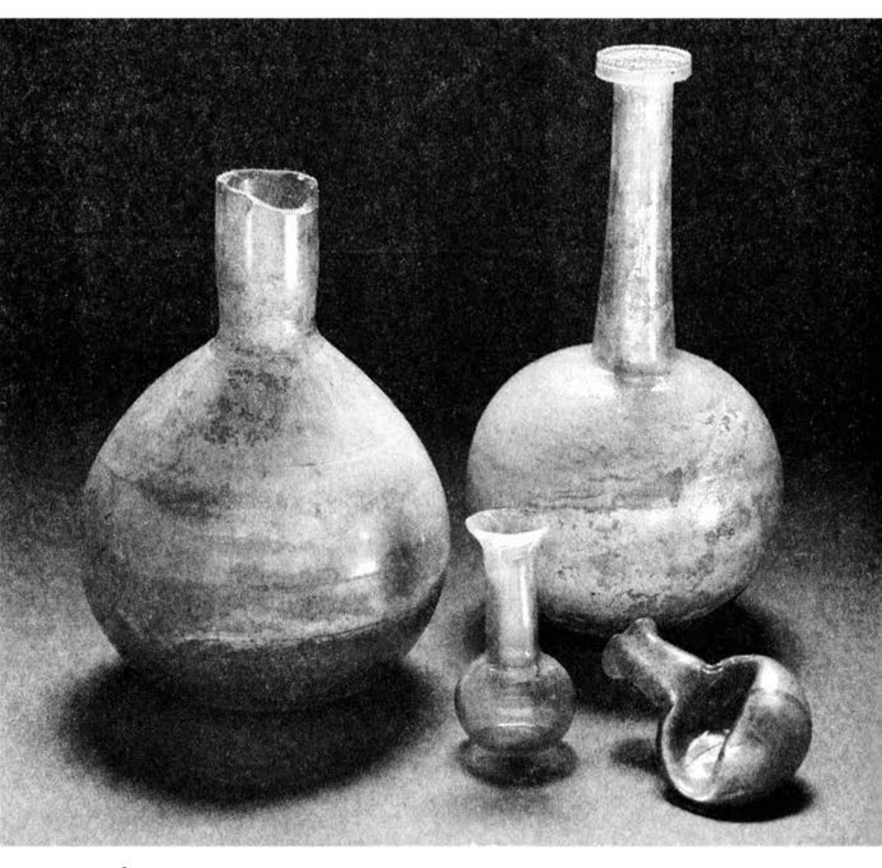
حتى بداية الألفية التالية وسقوط إمبراطورية عظيمة أخرى حتى أصبح الزجاج ما هو عليه الآن: أحد أكثر المواد التي شهدتها الثقافة البشرية تنوعًا في الاستعمال وقابليةً للتحول.

كان غزو «القسطنطينية» العام 1204 أحد الهزّات التاريخية التي انتقلت موجاتها الارتدادية عبر الكوكب. سقوط سلالات حاكمة، اندفاعات جيوش وانكسارها، إعادة رسم خريطة العالم. ولكن سقوط «القسطنطينية» حرّض أيضًا ما بدا في ذلك الحين حدثًا صغيرًا، ضاع في خضم تلك الحوادث العظيمة من إعادة تنظيم السيطرة الدينية والجيوسياسية وجرى تجاهله من قبل معظم مؤرّخي ذلك الوقت. هذا الحدث هو إبحار مجموعة صغيرة من صانعي الزجاج من تركيا غربًا عبر البحر المتوسط لتستقر في «فينيسيا»، حيث بدأوا بممارسة صناعتهم في المدينة الجديدة المزدهرة التي كانت آخذة في التشكّل على ضفاف البحر الأدرياتيكي.

كانت تلك إحدى الهجرات الألف التي انطلقت بسبب سقوط القسطنطينية، ولكنها كانت، إذا ما نظرنا إليها عبر القرون الماضية، واحدة من أهم تلك الهجرات. فمع استقرار صنّاع الزجاج في أقنية وشوارع «فينيسيا» الملتوية، والتي كانت في ذلك الوقت أكثر المراكز التجارية أهمية في العالم من دون منازع، خلقت مهاراتهم في نفخ الزجاج، وبسرعة، بضائع جديدة للطبقات المترفة قام تجار المدينة ببيعها في أرجاء الكوكب. ولكن، لم تكن صناعة الزجاج من دون معوّقات بالرغم من كونها مربحة. تطلبت درجة انصهار ثاني أوكسيد السيليكون أفران صهر تصل درجة حرارتها إلى 1000 درجة مئوية، وكانت فينيسيا مدينة شُيِّدَ معظمها تقريبًا من بنى خشبية (لم تُبنَ قصور «فينيسيا» إلا بعد مضيّ عدة قرون على تلك الفترة). لقد جلب صُنّاع الزجاج مصدرًا جديدًا للثروة إلى «فينيسيا»، إلا أنهم جلبوا أيضًا عادة أقل شعبية ألا وهي إحداث الحرائق في المناطق المجاورة لهم.



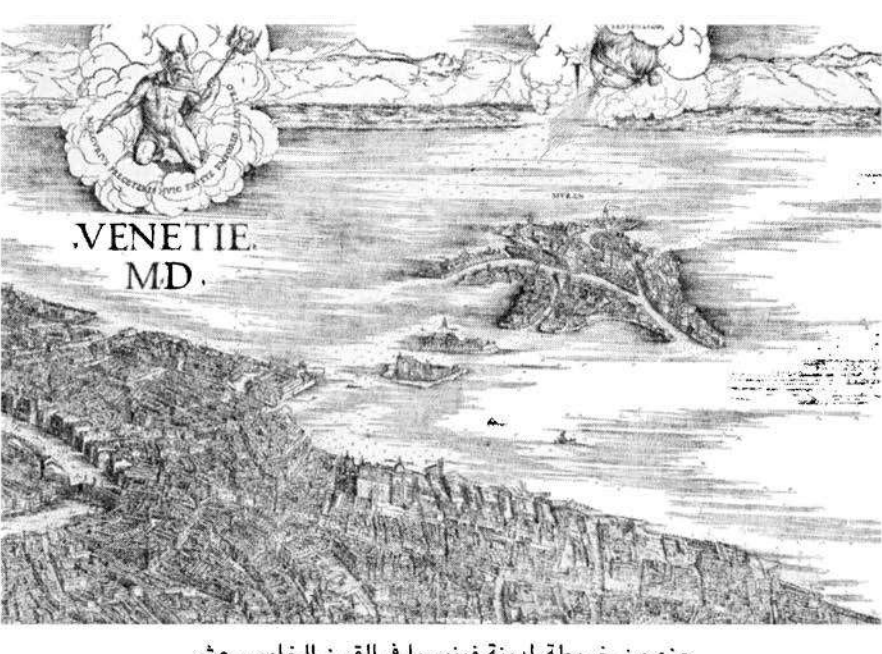
قلادة من ذهب مصاغة بحجارة شبه كريمة وعجينة زجاجية، مع خنفساء الجعل، رمز القيامة، في المركز - من مدفن فرعون توت عنخ آمون.



حوالي العام 1900: الحضارة الرومانية، القرن الأول – الثاني قبل الميلاد. أواني زجاجية للمراهم.

في العام 1920، وفي محاولة للحفاظ على مهارات صناعة الزجاج وحماية السلامة العامة، في الوقت نفسه، أرسلت حكومة المدينة صُنَّاع الزجاج إلى المنفى مرة أخرى، مع فارق وحيد وهو أن رحلتهم هذه المرة كانت أقصر - إلى جزيرة «مورانو» على بعد ميل واحد من بحيرة «فينيسيا». لقد أوجد قضاة «فينيسيا»، عن غير قصد منهم، مركزًا للابتكار: إذ إنهم بجمعهم صناع الزجاج فوق جزيرة صغيرة لا يزيد حجمها على حجم حي في مدينة، أطلقوا موجة (طفرة) من الإبداع، مؤدّية إلى ولادة بيئة تمتلك ما يطلق عليه علماء الاقتصاد «فائض المعلومات». أدت الكثافة السكانية فوق جزيرة «مورانو» إلى سرعة تدفّق انتقال الأفكار عبر كامل المجتمع. كان صانعو الزجاج يتنافسون بشكل جزئي، إلا أنهم كانوا يرتبطون بعلاقات قربى متشابكة. كان هناك أفراد مميزون ضمن كل مجموعة يمتلكون مهارة وخبرة أكبر من الآخرين في صناعة الزجاج، ولكن عبقرية جزيرة «مورانو» كانت بشكل عام مسألة جمعية: لقد كانت شيئًا جرى تخليقه عن طريق المشاركة، بقدر ما كانت تشكّل ضغطًا تنافسيًا.

بحلول الأعوام الأولى من القرن التالي، أصبحت جزيرة «مورانو» تعرف باسم «جزيرة الزجاج»، وقد اكتسب إنتاجها من أواني الزينة (المزهريات) المزخرفة والزجاجيات الأنيقة رمزًا للمكانة الاجتماعية في كل مكان من الغرب الأوروبي. (يستمر صنّاع الزجاج في تجارتهم حتى الآن، ويتحدّر العديد منهم مباشرة من أصول الأسر التي هاجرت من تركيا). لم يكن ذلك نموذجًا يسهل تكراره مباشرة في العصر الحالي: لا يفترض بالقضاة الذين يفكّرون حاليًا في جلب مجموعة مبدعة إلى مدنهم النظر في جلب مهاجرين بالإكراه أو وضعهم ضمن حدود إجبارية تحت تهديد من يغادر بعقوبة الموت. ولكن ذلك كان ممكنًا بطريقة ما في ذلك الوقت. بعد سنوات من التجريب والاستفادة من الأخطاء،



جزء من خريطة لمدينة فينيسيا في القرن الخامس عشر
تظهر فيها جزيرة مورانو.

واختبار تراكيب كيميائية مختلفة، قام صانع الزجاج أنجيلو باروفر من جزيرة «مورانو» بحرق عشبة بحر غنية بأوكسيد البوتاسيوم والمنغنيز بحيث تحوّلت إلى رماد، وقام بإضافتها إلى الزجاج المصهور. عندما برد هذا المزيج، أعطى طرازًا فائق الشفافية من الزجاج. ولدهشته من شدّة تشابه هذا الزجاج مع أنقى الصخور الكريستالية للكوارتز، أطلق باروفير عليه اسم «كريستالّو». كانت تلك ولادة الزجاج الذي نعرفه في عصرنا الحالي.

في حين كان صانعو الزجاج من أمثال باروفير رائعين في جعل الزجاج شفافًا، لم نعلم السبب العلمي وراء كون الزجاج شفافًا حتى حلول القرن العشرين. تمتص معظم المواد طاقة الضوء. على مستوى مكوِّنات الذرَّة، تبتلع الإلكترونات التي تدور في فلك الذرات، فعلياً، طاقة الفوتونات المكوّنة للضوء، مما يكسب هذه الإلكترونات طاقة.

ولكن الإلكترونات تكتسب الطاقة أو تخسرها بمستويات محدَّدة وواضحة (ليست تدرجية)، تعرف هذه المستويات الطاقية باسم «كوانتا». ولكن يختلف حجم هذه المستويات من مادة إلى أخرى. صادف أن ثاني أوكسيد السيليكون يمتلك مستويات طاقية (كوانتا) مرتفعة، وهذا يعني أن الطاقة القادمة من فوتون وحيد من الضوء غير كافية لأن ترفع الإلكترونات إلى مستوى طاقية أعلى. وبدلً من ذلك يمر الضوء من خلال المادة التي يكونها (الزجاج) من دون أن يُبتَلع من قبل إلكترونات ذرات ثاني أوكسيد السيليكون. (ولكن معظم ضوء الأشعة فوق البنفسجية يمتلك طاقة كافية لأن تُمتص من قبل الكترونات الذرّات المكوّنة للزجاج، وهذا يفسر عدم قدرتك على جعل لون جلدك أسمرَ من خلال التعرّض للشمس عبر نافذة زجاجية). ولكن الضوء لا يعبر الزجاج ببساطة، يمكن أيضًا أن يتعرّض للانحناء أثناء عبوره، أو حتى أن يتكسّر ليعطي أطيافًا تمثل أطوال الموجات المكوّنة له. يمكن استعمال الزجاج لتغيير مظهر العالم، وذلك عن طريق حنْيِه بطرائق محددة. لقد تبيّن أن هذه الخاصّية في الزجاج هي أكثر من مجرّد شفافية.

في أدْيِرَة القرنين الثاني عشر والثالث عشر، كان الكهنة يعانون أثناء محاولتهم قراءة النصوص الدينية في غرفهم التي لم يكن يضيئها سوى ضوء الشموع، وكانوا يستعملون قطعًا من الزجاج المقوَّس لمساعدتهم في القراءة. كانوا يمرِّرون ما يمكن اعتباره عدسات تكبير سميكة فوق الصفحة، مكبرين بذلك الأحرف اللاتينية التي كانوا يقرأونها. من غير المؤكّد بالضبط متى وأين حدث ذلك، ولكن في مكان ما في شمال إيطاليا وحوالى تلك الفترة نفسها، طلع علينا صانعو الزجاج بابتكار جديد سوف يغيّر الطريقة التي نرى بها العالم، أو على الأقل سيوضحَ هذه الرؤية أكثر: تشكيل الزجاج في هيئة أقراص منتفخة في مركزها، ووضع كل عدسة داخل إطار، ومن ثم وصل كل إطارين مع بعض من الأعلى، صانعين بذلك أولى نظارات في العالم.

أُطلق على هذه النظارات الأولى اسم «رويدي دا أوغلي» والذي يعني «أقراصٌ للعين»، وبسبب تشابه العدسات مع حبّة العدس التي تسمى بالإنكليزية «لنتل lentil» - باللاتينية لينتيس lentis - أطلق على العدسات في ما بعد اسم «لانزِس lenses». بقيت هذه الأدوات الجديدة المبتكرة، ولعدّة أجيال، حكرًا على طلاب العلم الكهنوتي (الرهبان). كانت حالة «مد النظر» -هايبروبيا hyperopia- واسعة الانتشار في المجتمع، ولكن معظم الناس لم يلاحظوا ذلك، لأنهم لم يكونوا يقرأون. بالنسبة للراهب الذي يجهد في ترجمة أعمال لوكريتيوس Lucretius تحت ضوء الشمعة الخافت كانت الحاجة لنظارات القراءة أمرًا ملحًّا. ولكن عامة الشعب -الذين كانوا في غالبيتهم لا يعرفون القراءة- لم تسنح الفرصة لهم لتمييز أشكال الحروف كجزء من روتينهم اليومي.. كان الناس يعانون من مد البصر، ولكن لم يكن لديهم أي سبب يمكّنهم من ملاحظة أنهم كانوا كذلك. لذلك بقيت النظارات بالنسبة لهم تلك الأشياء النادرة والمرتفعة الثمن.

إن الحدث الذي غير ذلك كلّه كان، بالطبع، اختراع غوتنبرغ للطباعة في الأربعينات من القرن الخامس عشر. قد يصل حجم الكتب التاريخية المطبوعة في مجال توثيق تأثير اختراع الطباعة لمكتبة صغيرة. ذاك الاختراع الذي أطلق عليه *مارشال ماكلوهان* تعبير «مجرّة غوتنبرغ». بعد اختراع الطباعة ارتفع عدد من يعرفون القراءة بشكل كبير، وحامت نظريات علمية ودينية هدّامة حول القنوات الرسمية للمعتقد الأورثوذوكسي؛ وغدت وسائل تسلية كالروايات والإباحية المطبوعة أمرًا شائعًا. ولكن كان للفتح الذي أحدثه اختراع الطباعة من قبل غوتنبرغ تأثيرٌ أقل شهرة: لقد جعل عددًا كبيرًا من الناس يدركون للمرة الأولى أنهم كانوا يعانون من مَدّ البصر. وقد خلق هذا الكشف فورة في الطلب على النظارات.

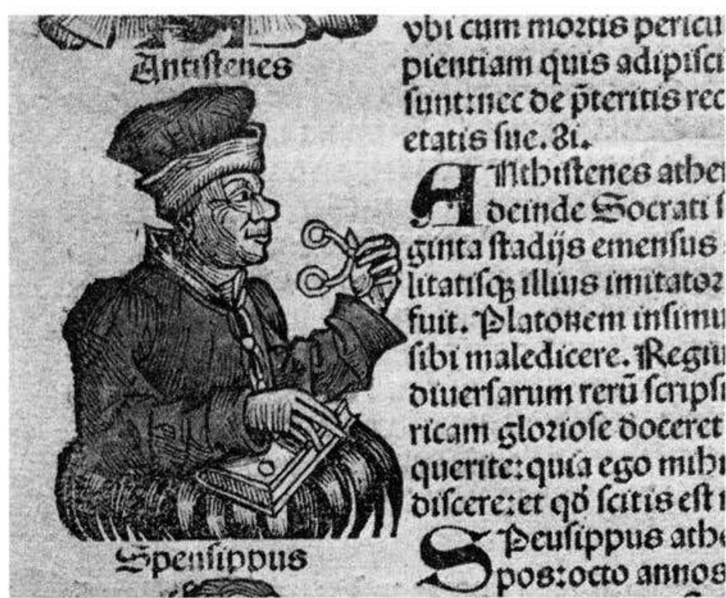


أقدم صورة لراهب يرتدي نظارات، 1342.

مثَّل ما حدث بعد ذلك واحدة من أكثر حالات تأثير الطائر الطنّان روعة في التاريخ الحديث. جعل غوتنبرغ الكتب المطبوعة زهيدة الثمن نسبيًا وقابلة للحمل (صغيرة الحجم)، وهذا بدوره ساعد في ارتفاع عدد القادرين على القراءة، الأمر الذي كشف خللًا في الرؤية لدى جزء كبير من المجتمع، والذي خلق بدوره سوقًا جديدة لتصنيع النظارات الطبية. خلال مائة عام من اختراع غوتنبرغ للطباعة، ازدهرت أعمال آلاف صانعي النظارات في أوروبا، وأصبحت النظارات أولى أدوات التكنولوجيا المتقدمة -منذ اختراع الثياب في العصر الحجري- التي يضعها البشر على أجسادهم.

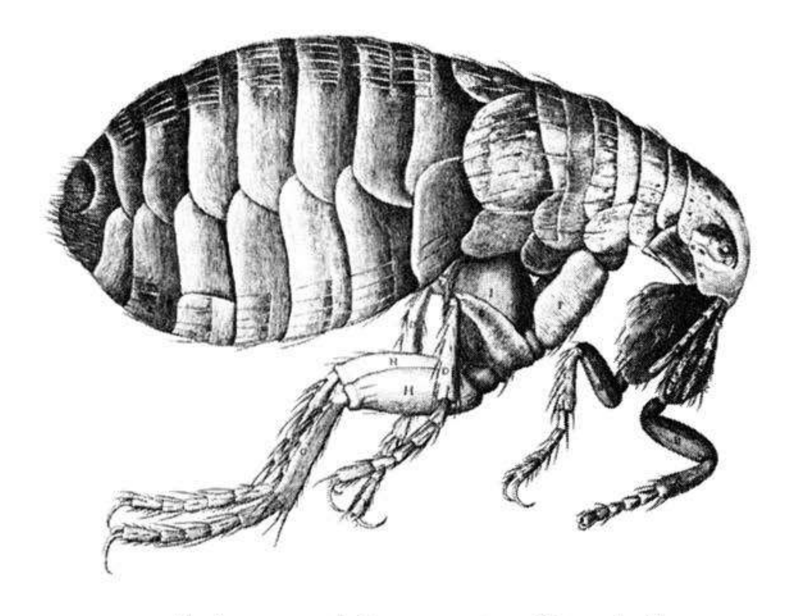
لكنَّ هذا الرقص التطوّري المتزامن لم يتوقّف هنا. وكما شجّع رحيق النباتات المزهرة الطائر الطنان على تطوير نوع جديد من الطيران، فإن الحافز الاقتصادي الذي ولّدته السوق المزدهرة للنظارات أحدث بؤرة جديدة من الخبرات. لم تكن أوروبا مغمورة بالعدسات فقط، وإنما بالأفكار المتعلّقة بهذه العدسات. بفضل الطباعة، كانت القارة الأوروبية تعج بأشخاص ذوي خبرة بتطويع الضوء من خلال قطع من الزجاج مقوّسة قليلًا. لقد كان هؤلاء هم مؤسسي الثورة البصرية الأولى. إن تجاربهم ستعلن في ما بعد افتتاح فصل جديد في تاريخ البصريات.

في العام 1590 وفي مدينة «ميدلبرغ» قام اثنان من صانعي العدسات، أبٌ وابنه يدعيان هانز وزخاريس جانسين باختبار وضع عدستَين، ليس بجانب بعضهما كما في حالة النظارات، وإنما الواحدة خلف الأخرى في خط واحد، مما أدى إلى تضخيم أكبر للأشياء التي لاحظوها خلف هذه العدسات، وقاد هذا بالنتيجة إلى اختراع المجهر (الميكروسكوب). في غضون سبعين عامًا من ذلك، نشر العالم الإنكليزي روبرت هوك مجلّده الإبداعي المزوَّد برسوم توضيحية، والذي أطلق عليه اسم مايكروغرافيا **micrographia**، والذي زُوِّد برسوم توضيحية تمثّل ما رآه هوك من خلال مجهره.



نظارة من القرن الخامس عشر

حلل هوك صور البراغيث، والخشب، والأوراق النباتية، وحتى صورة بوله المجمَّد. ولكن اكتشافه الأبلغ تأثيرًا أتى من خلال معاينته حزمة رقيقة من الفلّين تحت عدسات المجهر. «أمكن لي ملاحظة أنها مثقّبة ومسامية بوضوح زائد، تشبه إلى حدٍّ بعيدٍ قرص العسل»، كتب هوك، مضيفًا: «ولكن مساماتها تلك لم تكن منتظمة؛ مع ذلك لم تكن في خواصّها تلك بعيدة الشبه عن قرص العسل. لم تكن هذه المسامات، أو الخلايا، عميقة جدًّا، ولكنها تكوّنت من عدد كبير من العلب الصغيرة». بهذه الجملة السابقة، أعطى هوك اسمًا لواحدة من أحجار البناء الأساسية للحياة -الخلية- فاتحًا الطريق لثورة في العلوم والطب. ولم يمضِ وقت طويل حتى كشف المجهر مستعمرات البكتيريا والفيروسات غير المرئية بالعين المجرّدة المفيدة منها في استمرار الحياة، والضارّة أيضًا، مما قاد بدوره إلى اللقاحات والمضادّات الحيوية الحديثة.



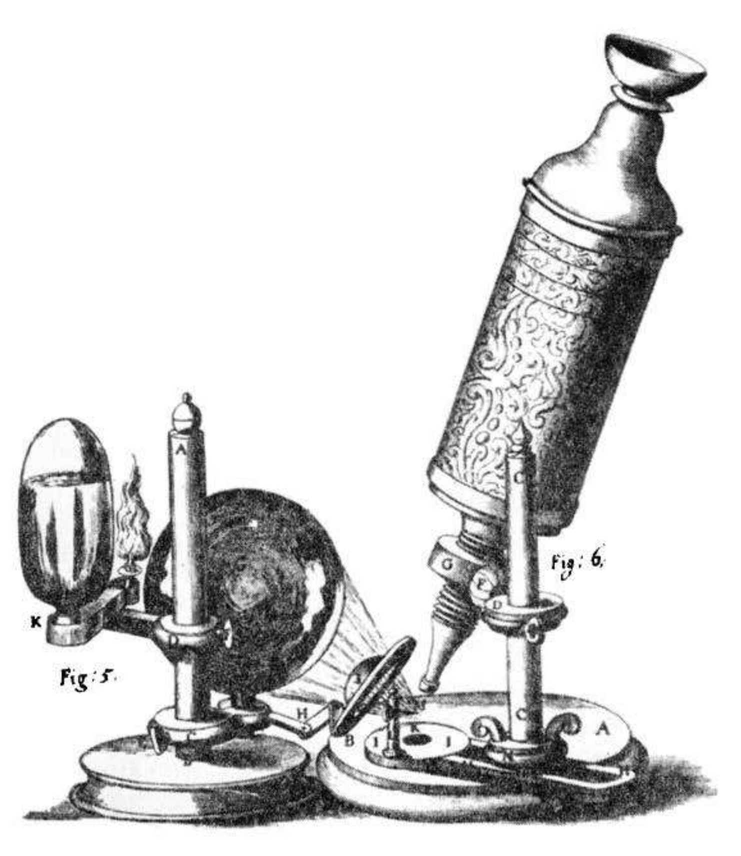
البرغوث، نقلا عن تصوير مصغر لروبرت هووك- لندن

استغرق المجهر (الميكروسكوب) حوالى ثلاثة أجيال ليعطيَ عِلْمًا ذا قدرة تغييرية حقيقية، إلا أن المجهر، ولسبب ما، أنتج ثوراته بسرعة أكبر. بعد مرور عشرين عامًا على اختراع المجهر، اخترعت مجموعة من صانعي العدسات، بمن فيهم *زخارياس جانسن*، وبشكل متزامن تقريبًا، المقراب (التلسكوب). (تقول الرواية إن أحدهم، وهو *هانز ليبرشي*، عثر على الفكرة مصادفة وهو يشاهد أولاده يلعبون بعدساته). كان *ليبرشي* أول من تقدّم بطلب براءة اختراع، يصف فيها جهازًا «لرؤية الأشياء البعيدة جدًا كما لو أنها كانت قريبة». وخلال عام، وصلت الأنباء إلى *غاليليو* عن هذا الجهاز العجيب، وقام بتعديل تصميم *ليبرشي* بحيث تمكّن من الوصول إلى قدرة تضخيمية تزيد عشر مرات عما يمكن رؤيته بالعين المجردة. في كانون الثاني من العام 1610، تمامًا بعد عامين على تقدّم *ليبرشي* بطلب براءة اختراعه، استعمل *غاليليو* المقراب في ملاحظة

وجود أقمار تدور حول كوكب المشتري، وكان هذا هو التحدّي الأول الحقيقي لنموذج أرسطو الذي افترض أن كافة الأجرام السماوية تدور حول الأرض.

هذا هو التاريخ الغريب الموازي لاختراع غوتنبرغ للطباعة. لقد ارتبط هذا الاختراع منذ زمن بالثورات العلمية لعدة أسباب. أصبح ممكنًا لنشرات ووثائق صادرة عمَّن كان يُطلق عليهم المهرطقين من أمثال غاليليو، أن تنشر أفكارها خارج حدود الكنيسة التي كانت تراقب وتحدّ من انتشار الأفكار الجديدة، مما أدى في النهاية إلى الحد من سلطتها؛ في الوقت نفسه، أصبح نظام المرجعيّة والاستشهاد بأعمال الآخرين، الذي تطوّر خلال العقود التي تلت الكتاب المقدّس الذي أصدره غوتنبرغ، أداةً أساسية في تطبيق المنهج العلمي. ولكن اختراع غوتنبرغ للطباعة ساهم في تقدم المسيرة العلمية بطريقة أخرى، وغير مألوفة كثيرًا: لقد أدت مَقدِرات تصميم العدسات إلى زيادة إمكانات الزجاج بحد ذاته. للمرة الأولى، لم يقتصر استعمال الخواص الفيزيائية الغريبة لثاني أوكسيد السيليكون (الزجاج) على السماح لنا برؤية الأشياء التي يمكننا رؤيتها بالعين المجردة بشكل أوضح؛ وإنما مكّننا من رؤية الأشياء التي كانت بعيدة عن مجال حدود رؤية الإنسان الطبيعية.

ستستمر العدسات في لعب دور جوهري في مجال الإعلام خلال القرنين التاسع عشر والعشرين. لقد استُعملت لأول مرة من قبل المصوّرين من أجل تركيز حزم الضوء على ورقٍ معامَلٍ خصيصًا بحيث يمكنه التقاط الصور، ثم استُعملت من قبل صانعي الأفلام السينمائية في تسجيل وإعادة عرض صور متحرّكة لأول مرة. مع بداية الأربعينات من القرن العشرين بدأنا بطلي الزجاج بالفوسفور وتعريضه لمدفع من الإلكترونات، مخلِّقين بذلك صورِ التلفزيون الساحرة. خلال سنوات قليلة، كان علماء الاجتماع ومنظّرو الإعلام يعلنون أننا قد أصبحنا



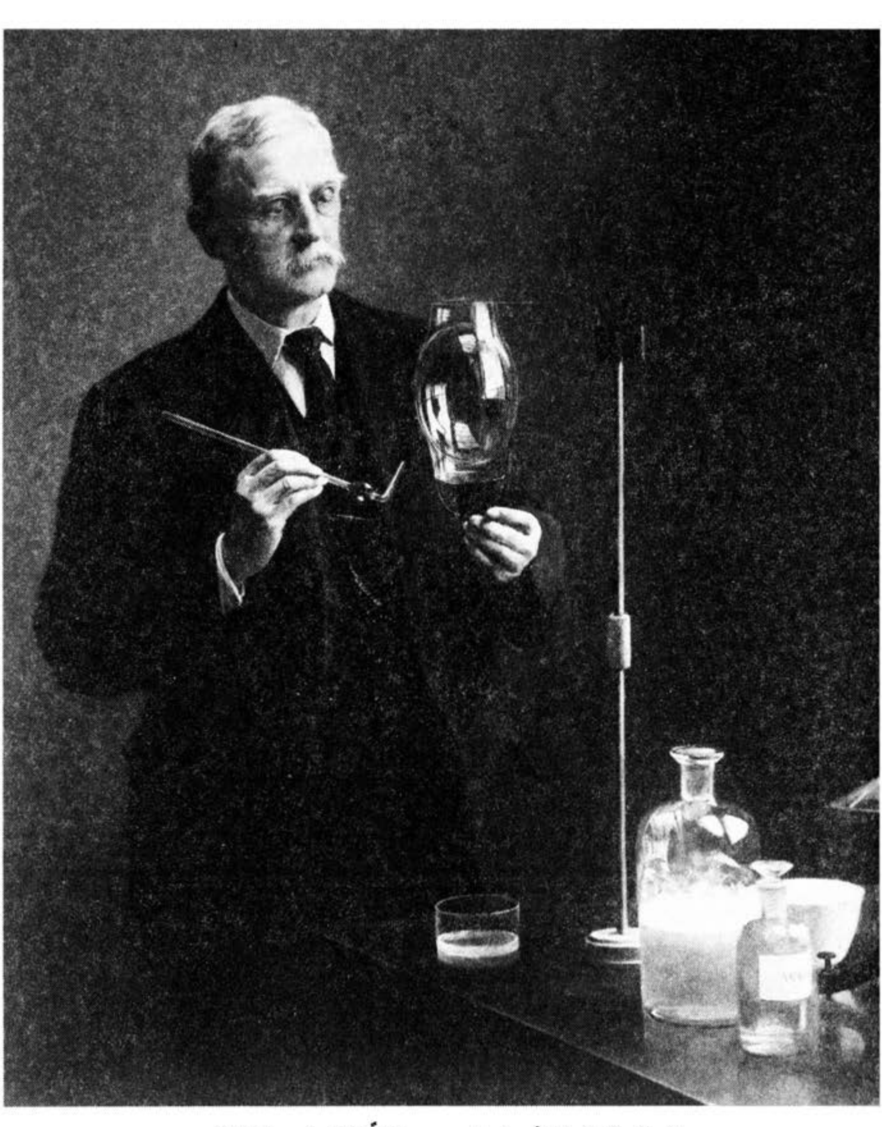
ميكروسكوب قديم من تصميم روبرت هوك، 1665.

«مجتمع الصورة»، حيث أفسحت «مجرّة غوتنبرغ القارئة» الطريق أمام الوهج الأزرق المنبعث من شاشة التلفزيون، وصور الإغراء القادمة من هوليوود. لقد نشأت جميع هذه التحولات عن طيفٍ واسعٍ من الاختراعات والمواد، ولكنها اعتمدت جميعها، بطريقة أو أخرى، على المقدرة الفريدة للزجاج في نقل الضوء والتأثير فيه.

من دون شك، لم تكن قصة العدسات الحديثة وتأثيرها في وسائط الإعلام مفاجئة بشكل كبير. هناك خط حدسي يمكننا تتبّعه ابتداءً من العدسات مرورًا بأول نظارات، إلى عدسات المجهر، وصولًا إلى عدسات الكاميرا. مع ذلك، سيتبيّن في ما بعد أن الزجاج يمتلك خاصّية فيزيائية عجيبة أخرى، لم يتمكّن حتى أساتذة نفخ الزجاج في«مورانو» من استثمارها.

كان عالم الفيزياء تشارلز فيرنون بُويْز بروفسورًا غير مقتدرٍ وفقًا للمعايير المتوقَّعة من البروفسور. وصفه إتش جي ويلز، وهو الذي كان لفترة قصيرة أحد طلاب بويز في الكلية الملكية للعلوم «في لندن» لاحقًا، بأنه «أحد أسوأ المدرّسين الذي كان لا يعير انتباهًا لوجود فوضى في غرفة الصف أثناء إلقائه المحاضرة، وكانت سبُّورته مبعثرة من دون تنظيم، وكان يمشي بسرعة أثناء محاضرته لمدة ساعة كاملة، ثم ينطلق مسرعًا عائدًا إلى جهازه في غرفته الخاصة».

ما افتقده بُوْيز من مقدرات تعليمية عوَّضه في موهبته في مجال الفيزياء التجريبية، وهي تصميم وبناء الأجهزة العلمية. في العام 1887، وكجزء من تجاربه في الفيزياء، أراد بويز ابتداع شظية صغيرة من الزجاج من أجل قياس تأثيرات القوى الفيزيائية في الأشياء. وكان لديه فكرة أنه بإمكانه استعمال ليف زجاجي رقيق كذراع لميزان. ولكن كان عليه أولًا أن يصنع الليف الزجاجي.



العالم تشارلز ڤيرنون بوي واقفاً في المخبر، 1917.

تحصل تأثيرات الطائر الطنان أحيانًا عندما يكشف ابتكار ما في أحد الحقول التكنولوجية ضعفًا في حقل آخر من التكنولوجيا (أو في تفصيل من تشريح الجسم البشري، كما في حالة اختراع الكتاب المطبوع وكشفه للمدّ البصري لدى كثير من الناس)، والذي لا يمكن تصحيحه إلا من خلال اختصاص مختلف تمام الاختلاف. ولكن قد يأتي التأثير أحيانًا بفضل اختراقات إبداعية من نوع مختلف: كأن يحصل لدينا ازدياد دراماتيكي في مقدرتنا على قياس شيء ما، وتحسينات في الأدوات التي نصنعها من أجل القياس. في غالب الأحيان يقود إيجاد طرائق جديدة للقياس إلى تطوير طرائق جديدة للفعل. (لعمل الأشياء). تلك كانت حالة ذراع الميزان الذي صنعه بويز. ولكن ما جعل بويز شخصية غير عادية في سجلّات الابتكارات هو الأداة غير التقليدية التي اختارها في سعيه لتطوير أداة قياس جديدة. فمن أجل تخليق وتَره الزجاجي، صنع بويز قوس نشّاب في هيئة صليب في مخبره، وصنع أسهمًا خفيفة الوزن (قصيرة) له. قام بوصل نهاية قضيب زجاجي بسهم من هذه الأسهم بواسطة شمع لاصق. بعد ذلك سخّن قضيب الزجاج حتى أصبح طريًا، ثم أطلق السهم من قوس النشاب، لدى انطلاقه سحب السهم معه ذيلًا من ليف من قضيب الزجاج معلّقًا بالقوس النشاب. في واحدة من أسهمه التي أطلقها حصل بويز على خيط زجاجي امتد تقريبًا بطول تسعين قدمًا.

«لو ظهر لي مارد المصباح السحري قائلًا شبيك لبيك ماذا تريد لكنت قد طلبت شيئًا يمتلك هذا العدد الكبير من المواصفات التي امتلكتها هذه الألياف الزجاجية»، كتب بويز في ما بعد. ولكن أكثر هذه المواصفات إثارة للدهشة كانت قوة هذه الألياف: لقد كانت بنفس متانة، أو حتى أكثر متانة، من وتر من الفولاذ بنفس الحجم. على مدى آلاف السنين، استعمل الإنسان الزجاج لجماله وشفافيته، وتحمّل هشاشته المزمنة. ولكن تجربة بويز مع القوس والنشاب أظهرت أن هناك مفاجأة أخرى

تخبئها قصة هذه المادة المتعدّدة الاستعمالات: استعمال الزجاج لقوّته.

بحلول منتصف القرن التالي، أصبحت ألياف الزجاج، والتي غدت حينها تُجْدَل مع بعضها مشكّلةً مادة عجيبة تدعى الزجاج الليفي fiberglass موجودة في كل مكان وتستعمل في: عزل المنازل، الثياب، ألواح التزلج، اليخوت الضخمة، الخُوَذ، ولوحات الدارات الكهربائية التي تصل بين الرقاقات الدقيقة المكوِّنة للكومبيوترات الحديثة. يتألف جسم الطائرة A380 التي تنتجها شركة إيرباص -أضخم طائرة تجارية تجوب السماء- من خليط مركب من الألمنيوم والزجاج الليفي، مما يجعلها أكثر مقاومة للجهد والتلف من الهياكل المصنوعة من الألمنيوم فقط. وللمفارقة، فإن معظم هذه التطبيقات تجاهلت مقدرة ثاني أوكسيد السيليكون الغريبة على نقل موجات الضوء: إن معظم الأشياء المصنوعة من الزجاج الليفي لا تبدو للعين غير المدرَّبة أنها مصنوعة من الزجاج إطلاقًا. خلال العقود الأولى من ابتكار الصوف الزجاجي كان من الصواب التركيز على عدم شفافية الألياف الزجاجية. لقد كان مفيدًا السماح للضوء عبور زجاج النوافذ والعدسات، ولكن ما هي الحاجة لمرور الضوء عبر ليف زجاجي لا يزيد حجمه عن حجم شعرة الإنسان.

أصبحت شفافية الألياف الزجاجية أمرًا ذا قيمة فقط عندما بدأنا التفكير بالضوء كوسيلة لتشفير المعلومات الرقمية. في العام 1970، طوّر الباحثون في شركة كورنينغ غلاسورك -وهي بمثابة «مورانو» العصور الحديثة- طرازًا من الزجاج على درجة عالية من النقاء، بحيث لو أنك صنعت كتلة منه بطول باص كامل، فإنها ستحافظ على شفافيتها بحيث يمكن الرؤية من خلالها كما لو أنك تنظر من زجاج نافذة. (اليوم وبعد إجراء المزيد من التحسينات على هذا الزجاج أصبح ممكنًا الحصول على نفس الدرجة من النقاء والشفافية حتى لو وصل طول الكتلة من هذا الزجاج إلى نصف ميل). بعد ذلك أخذ علماء من مخابر بِل أليافًا من هذا

الزجاج فائق الشفافية، وأطلقوا حزمًا ليزرية تمر على طول هذه الألياف، مردّدة الإشارات البصرية المطابقة لأصفار وآحاد الشيفرة الرقمية. عُرِف هذا الهجين بين اختراعين يبدوان وكأنهما غير مرتبطين -ضوء الليزرات المركّز والمضبوط، وألياف الزجاج فائقة الشفافية- باسم الألياف البصرية. كان استعمال كابلات الألياف البصرية أكثر فعالية في إرسال الإشارات الكهربائية من الكابلات النحاسية، وبشكل خاص لمسافات طويلة: يسمح الضوء بإرسال إشارات ذات حزم أكثر عرضًا، وهو أقل حساسية للضجيج والتشويش من الطاقة الكهربائية. اليوم، يعتمد الهيكل الأساسي للإنترنت عبر العالم في بنائه على كابلات الألياف البصرية. يعبر المحيط الأطلسي عشرة كابلات منفصلة من الألياف البصرية، تنقل كافة الاتصالات الصوتية والمعلوماتية تقريبًا بين القارات. يحتوي كل من هذه الكابلات على مجموعة من الألياف البصرية المنفصلة، محاطة بطبقات من الفولاذ والمواد العازلة للحفاظ عليها معزولة تمامًا عن الماء ومحمية من سفن الصيد، والمراسي وحتى من سمك القرش. قد يبدو الأمر مستحيلًا، إلا أن حقيقة الأمر هو أنه بإمكانك وضع كامل مجموعة الاتصالات الصوتية والمعلومات التي تُنقل بين شمال أمريكا وأوروبا في راحة يدك. اجتماع ألف من الابتكارات مع بعضها من أجل جعل هذه المعجزة حقيقة قائمة: كان علينا اختراع فكرة المعطيات الرقمية نفسها، وحِزَم الليزر، وجعل الكومبيوترات من كل طرف قادرة على بث واستقبال هذه الحزم من المعلومات -إضافة إلى السفن التي قامت بمد هذه الكابلات والعمل على -صيانتها- أثبتت تلك الروابط الكيميائية العجيبة لأوكسيد السيليكون، مرة ثانية، دورها المركزي في هذه القصة. لقد حيكت شبكة الاتصالات العالمية مع بعضها من خيوط من الزجاج.

تأمّل ما غدا أيقونةً في بداية القرن الحادي والعشرين وهو التقاط الصورة الذاتية «السّلْفي»: التقاط صورة ذاتية بواسطة هاتفك وأنت

تقف في بقعة مدهشة من العالم أثناء إجازة لك، ومن ثم تحميلها على الإنستاغرام أو التويتر، حيث تنتقل هذه الصورة إلى هواتف وكومبيوترات الأشخاص الآخرين حول العالم. اعتدنا الآن الاحتفاء بالابتكارات التي جعلت من هذا العمل شيئًا طبيعيًا بالنسبة لنا: صغر حجم الكومبيوترات الرقمية لتتحوّل إلى أدوات محمولة باليد، تخليق الإنترنت والشبكة العالمية، برامج الواجهات البينية للتواصل الاجتماعي. إلا أننا نادرًا ما نلحظ الطريقة التي يدعم فيها الزجاج هذه الشبكة بكاملها: فنحن نلتقط الصور من خلال عدسات زجاجية، نخزّن هذه الصور ونعالجها على ألواح دارات مصنوعة من الألياف الزجاجية، ونبثّها حول العالم بواسطة كابلات زجاجية، ونتمتّع برؤيتها على شاشات مصنوعة من الزجاج. إن السلسلة بكاملها مكوّنة من ثاني أوكسيد السيليكون.

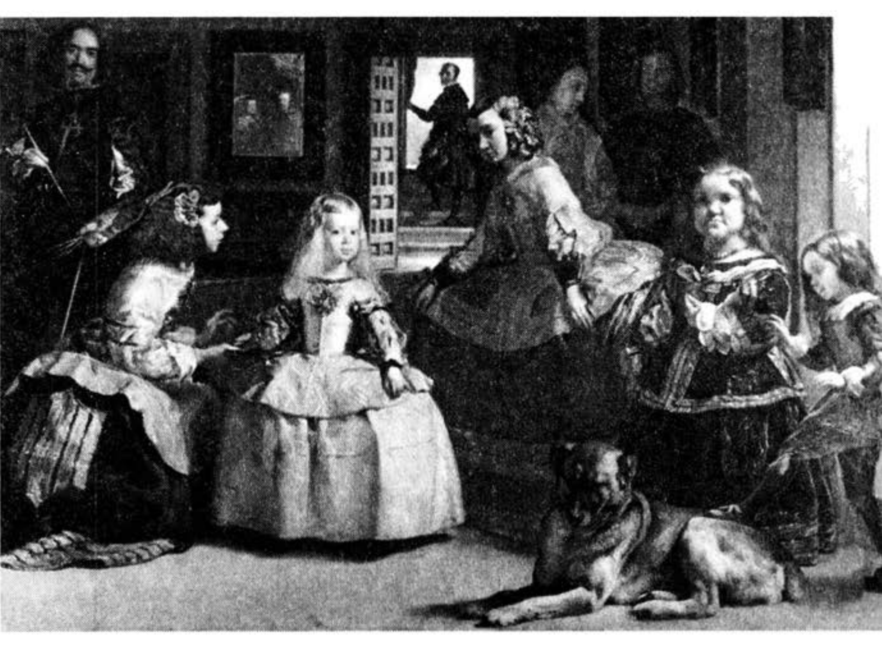
من السهل الاستهزاء بولعنا بالتقاط صور السِّلْفي، ولكن في الحقيقة هناك تقليد قديم ومقصوص (محكي) خلف هذا الشكل من التعبير عن الذات. بعض من الأعمال الفنية الرزينة التي تعود لفترة النهضة وأوائل فترة الحداثة هي عبارة عن لوحات ذاتية: كان الرسامون من *دُورَر* إلى *ليوناردو*، إلى *رامبرانت*، وصولًا إلى *فان كوخ* ولوحته التي تصوّره بإذنه المعصوبة، مهووسين بتصوير أنفسهم في لوحات وتفاصيل منوّعة على رسومات لأنفسهم على القماش.. على سبيل المثال، رسم *رامبرانت* حوالي أربعين لوحة ذاتية على امتداد حياته. ولكن الشيء الممتع في ما يتعلّق برسوم الصور الذاتية هو أنها لم تكن موجودة كشكلٍ من أشكال الفنون المعروفة في أوروبا قبل العام 1400. رسم الناس في تلك الفترة مناظر طبيعية وشخصيات مَلَكية ومشاهد دينية وآلاف المواضيع الأخرى. إلا أنهم لم يرسموا شخوصهم الذاتية.

جاء تفجّر الاهتمام في الرسم الذاتي كنتيجة مباشرة لاختراق تكنولوجي آخر في مقدرتنا على التعامل مع الزجاج. بالعودة إلى

جزيرة «مورانو»، تمكّن صانعو الزجاج هناك من اكتشاف طريقة للجمع بين الزجاج الشفّاف وبين ابتكار جديد في مجال علم السبائك، وهو طلاء خلفية الزجاج بخليط من القصدير والزئبق لتخليق سطح مضيء وعاكس. أصبحت المرايا، للمرة الأولى، جزءًا من تفاصيل الحياة اليومية. كان هذا تجليًا على أكثر المستويات حميمية: قبل قدوم المرايا، كان الشخص العادي يقضي حياته من دون أن يتمكّن من رؤية تمثيل حقيقي للشكل الذي يبدو عليه وجهه، بل مجرّد انعكاسات مشوّهة لوجهه على سطح البحيرات أو على سطح معدني مطليّ..

بدت المرايا في البداية شيئًا سحريًّا لدرجة أنها أُدرِجت بسرعة ضمن طقوس مقدّسة غريبة: خلال الحج المقدّس، أصبح اصطحاب الحجاج الميسوري الحال للمرايا معهم إلى الحج أمرًا شائعًا. أثناء زيارتهم لرفاة مقدسة كانو يجلسون في موقع يمكّنهم من رؤية عظام الرفاة في انعكاسها على المرآة. وعند عودتهم إلى منازلهم كانوا يتباهون بهذه المرايا أمام أصدقائهم وأقاربهم مفاخرين بأنهم قد جلبوا على هذه المرايا دليلًا ماديًا للرفاة المقدسة عن طريق التقاطهم انعكاس صورة المشهد المقدّس على المرآة. وقبل أن يلتفت إلى الطباعة، كان لدى غوتنبرغ فكرة تصنيع وبيع مرايا صغيرة للحجاج الذاهبين إلى الحج.

ولكن الأثر الأكثر أهمية للمرآة سيكون علمانيًا، وغير مقدس. استعمل فيليبو برونليشي مرآة من أجل اختراع منظور خطّي في التصوير عن طريق رسمه لانعكاس معمودية «فلورنسا» في المرآة، بدلًا من رسمه لها من خلال ملاحظته المباشرة. إن الفنّ الذي يمثّل أواخر فترة عصر النهضة مليء بالمرايا المختبئة داخل اللوحات، وأكثرها شهرة تحفة دييغو فيلازغيس، اللوحة المعكوسة المسماة *سيدات في الانتظار*، والتي تُظهر الفنان (والعائلة المالكة غير المباشرة) في وسط اللوحة أثناء رسمه لملك إسبانيا فيليب السادس والملكة ماريانا. إن الصورة بكاملها



لوحة سيدات في الانتظار (لا مينيناس)
للفنان دييغو رودريغز دي سيلڤا واي فيلازغيس

مأخوذة من منظور اثنين من العائلة المالكة جالسَيْن أمام الفنان الذي يقوم برسمهما: إنها، بالمعنى الحرفي للكلمة، لوحة حول فعل رسم لوحة. يبدو الملك والملكة فقط من خلال جزء صغير في اللوحة، إلى يمين الفنان فيلازغيس نفسه، الذي يظهر في اللوحة: في هيئة رسمَيْن ضبابيَّيْن معكوسَين في المرآة.

أصبحت المرآة، كأداة، شيئًا لا يُقدَّر بثمن بالنسبة للرسامين الذين أصبح بإمكانهم الآن التقاط العالم من حولهم بطريقة أكثر واقعية، بما فيها السمات التفصيلية لوجوههم. كتب *ليوناردو دا فنشي* في مدونته الملاحظات التالية (طبعًا، باستعمال المرآة، من أجل كتابة الأحرف معكوسة بالطريقة التي كان مشهورًا بها):

عندما ترغب في معرفة ما إذا كان التأثير العام للوحتك يتوافق مع الشكل الطبيعي للشيء الذي رسمته، خذ المرآة وضعها في موقع بحيث تعكس الشيء الحقيقي، بعد ذلك قارن انعكاس صورة الشيء على المرآة مع الرسم الذي رسمته، عند ذلك قدِّر مدى تطابق موضوعَيّ الصورتين مع بعضهما، مع التركيز على انعكاس الصورة في المرآة. يجب أن تؤخذ صورة المرآة كدليل للتحقّق من مدى التطابق.

يكتب المؤرخ *ألان ماكفارلين* عن دور الزجاج في تشكيل الرؤية الفنية قائلًا: «يبدو الأمر وكأن جميع البشر كان لديهم نوع من حسر بصر متناسق، جعل من المستحيل عليهم رؤية وتمثّل العالم الطبيعي بدقة ووضوح. إن الناس، بشكل اعتيادي، يرون الطبيعة بطريقة رمزية، على شكل مجموعة من الرموز والإشارات. وللمفارقة، عوّض الزجاج عن غشاوة رؤية الإنسان وعن التشوّهات الموجودة في ذهنه، وذلك من خلال السماح بمرور المزيد من الضوء».

في اللحظة نفسها تمامًا التي سمحت لنا فيها العدسة الزجاجية أن نوسّع مقدرتنا على الرؤية وصولًا إلى النجوم أو الخلايا المجهرية، كانت المرايا الزجاجية تسمح لنا برؤية ذواتنا للمرة الأولى. لقد أعادت توجيه المجتمع بطريقة حاذقة، وكانت مقدرتها على تغيير المجتمع لا تقل عن التغيير الذي ولّده اختراع التلسكوب بالنسبة لإدراكنا لموقعنا في هذا الكون. يكتب *لويس ممفورد* في كتابه التقنيات والحضارة[1]: «قام أقوى أمير في العالم بتخليق قاعة ضخمة مليئة بالمرايا، وانتشرت هذه المرايا من غرفة إلى أخرى في هذا المنزل البرجوازي، ومع ظهور هذا الشيء الجديد تطوّر وعي الذات، وسبر أغوار النفس، والحديث إلى

(1) *Technics and civilizations*.

المرآة». بدأت المواثيق الاجتماعية وكذلك حقوق المُلْكية إضافة إلى التشريعات القانونية الأخرى تتمحور حول الفرد بدلًا من البنى الأقدم والأكثر جَمْعيةً: العائلة، القبيلة، المدينة، المملكة. بدأ الناس الكتابة عن حيواتهم الداخلية ومكنوناتهم بطريقة أكثر تأمّلًا. فكّر هاملت مليًّا على خشبة المسرح؛ ظهرت الرواية كشكل مهيمن من السرد، متفحّصةً الحيوات الذهنية الداخلية لأشخاصها بعمق لا يُضاهى. كان الدخول في رواية، خاصّة تلك المحكية بطريقة الراوي الأول، كما لو أنك دخلت قاعة متخيَّلة: تسمح لك بالغوص في وعي، وأفكار وعواطف الآخرين بفاعلية أكبر من أي شكل آخر من أشكال التعبير الجمالية الإبداعية. كانت الرواية النفسية، بشكلٍ ما، نوعًا من القصّة التي ترغب في سماعها بمجرّد بقائك لساعات طويلة من حياتك وحدك تتأمّل نفسك خلالها في المرآة.

كم من هذه التحوّلات يعود الفضل فيه إلى الزجاج؟ هناك أمران لا يمكن نكرانهما: لعبت المرايا دورًا مباشرًا في السماح للفنانين برسم أنفسهم واختراع الرسم المنظوري كأداة رسم؛ وبعد ذلك بفترة قصيرة حصل تغيرٌ أساسي في وعي الأوروبيين وجّههم نحو النظر إلى أنفسهم بطريقة جديدة، تغيرٌ سَيموج عابرًا العالم (ولا يزال حتى الآن). لقد اجتمعت، من دون شك، عدة قوىً لتجعل هذا التغير أمرًا ممكنًا: تناغَمَ العالم الذي كان مستغرقًا بالاهتمام بنفسه مع الأشكال المبكرة للرأسمالية الحديثة التي كانت تزدهر في أماكن مختلفة مثل «فينيسيا» و«هولندا» (موطن أولئك الروّاد في سبر أغوار فن الرسم، مثل دورَر ورامبرانت). تكاملت هذه القوى المتنوّعة، على الغالب، في ما بينها: كانت المرايا الزجاجية من بين أولى تقنيات فرش المنازل الفارهة، وما إن بدأنا التحديق في تلك المرايا حتى بدأنا برؤية أنفسنا بشكل مختلف، وبطرائق شجّعت أنظمة السوق على بيعنا المزيد من المرايا. لم تكن المرايا صانعة النهضة، تحديدًا، وإنما لكونها تشاركت في

تغذية راجعة إيجابية مع قوى اجتماعية أخرى، حيث ساهمت مقدرتها الاستثنائية على عكس الضوء في تقوية هذه القوى. ما يتيح لنا منظور الروبوت المؤرِّخ رؤيته هو: أن التكنولوجيا ليست هي المسبب الوحيد في حدوث تحوّلات اجتماعية كتلك التي حصلت في عصر النهضة، ولكن أهميتها في هذه العملية، هي بطرائق عدة، بنفس أهمية الأشخاص الملهمين ذوي الرؤيا الذين نحتفي بهم.

يمتلك ماك فارلين طريقة بارعة في وصف هذا النوع من العلاقة السببية. لا تفرض المرايا حدوث النهضة؛ إنما هي تسمح بحدوثها. تمامًا كما أن طريقة التكاثر المفصَّلة والدقيقة للحشرات والأزهار لم ترغم الطائر الطنّان على تطوير ديناميكية طيرانه الرائعة: إنها فقط خلقت الشروط التي سمحت للطائر الطنّان الاستفادة من السكريات المتوفّرة في الزهرة عن طريق تطوير هذه الصفة المميّزة في التحليق. تشير حقيقة أن الطائر الطنّان فريد في مملكة الطيور في سلوكه هذا، إلى أنه لولا تطوير الأزهار لرقصتها التعايشية مع الحشرات التي تلقّحها، ما كان لمقدرات الطائر الطنان على التحليق لتتطوّر وتظهر بالشكل المعروفة به. من السهل تخيل عالم مليء بالأزهار، ولكنه من دون الطائر الطنّان. إلا أنه من الصعوبة بمكان تخيّل عالم يوجد فيه الطائر الطنّان من دون الأزهار.

ينطبق الشيء نفسه على الإنجازات التكنولوجية كالمرآة. فمن دون هذه التكنولوجيا التي مكّنت البشر من رؤية الانعكاس الواضح للحقائق، بما في ذلك رؤية وجوههم، ما كان لمجموعة الأفكار الخاصة التي شكّلت الفن والفلسفة والسياسة، والتي نطلق عليها جميعًا اسم النهضة، ما كان لها أن تتشكّل وتظهر. (ثمّنت الثقافة اليابانية عاليًا المرايا المصنوعة من الفولاذ خلال نفس الفترة تقريبًا، ولكنها لم تستعملها لنفس الهدف الاستبطاني المتمعّن بالنظر إلى الذات الذي ازدهر في أوروبا - قد يعود ذلك جزئيًا إلى أن الفولاذ عكس كمية من الضوء

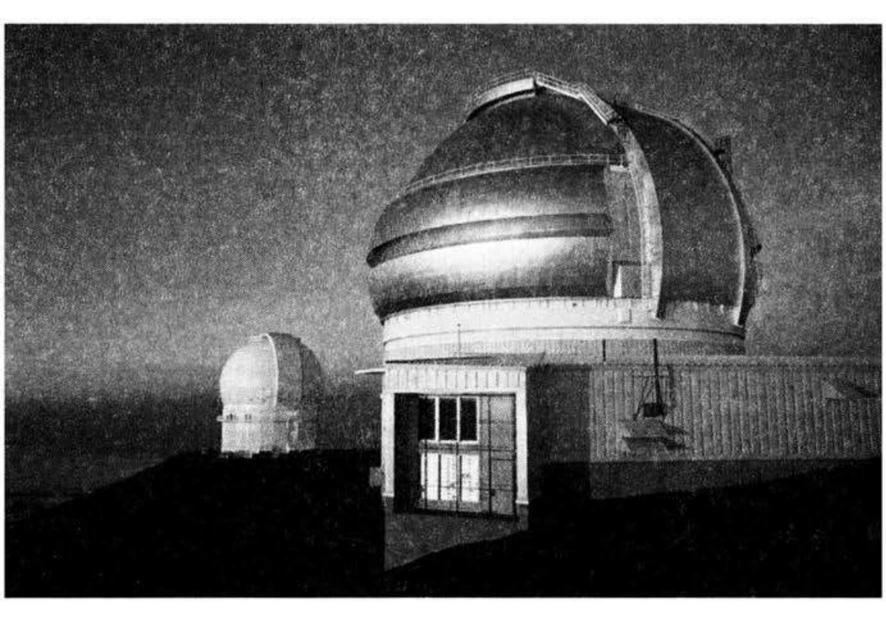
أقل مما عكسته المرايا الزجاجية، مما جعله يضفي تلوينا غير طبيعي على الصور المعكوسة عليه). مع ذلك لم تكن المرآة بحد ذاتها هي التي حدّدت شروط الثورة الأوروبية في ما يتعلّق بالنظرة إلى الذات البشرية. لو أن ثقافة أخرى قُدِّر لها اختراع الزجاج في حقبة مختلفة من تطوّرها التاريخي، ما كان لها أن تمر بنفس الثورة الفكرية وذلك لأن النظام الاجتماعي لهذه الثقافة كان سيكون مختلفًا عما كان موجودًا في مدن التلال الإيطالية في القرن الخامس عشر التي اخترعت الزجاج. استفادت النهضة أيضًا من نظام الرعاية والحماية الذي مكّن الفنانين والعلماء من قضاء أيامهم وهم يلعبون بالمرايا بدلًا من البحث عن قوت يومهم، على سبيل المثال. من الصعب تخيّل عصر النهضة من دون عائلة ميديشي -ولا نعني هنا العائلة بحدّ ذاتها، وإنما الطبقة الاقتصادية التي كانت تمثّلها- ومن الصعب تخيّل النهضة من دون المرايا.

على الأغلب، يجب القول إن ميزات المجتمع الذي يركّز على الفرد قابلة للنقاش برمّتها. قاد توجيه القوانين باتجاه حقوق الأفراد مباشرة إلى تقاليد حقوق الإنسان وبروز الحرية الفردية في التشريعات القانونية. وهذا يجب أن يعتبر تقدّمًا. إلا أن الناس العقلانيين يخالفون هذا الرأي ويتساءلون عما إذا كنا قد أسرفنا في التوجّه باتجاه الفردانية، بعيدًا عن تلك المنظمات الجمعية: الاتحادات، المجتمع، والدولة. تتطلّب معالجة هذه الاختلافات في الرأي أسلوبًا مختلفًا في النقاش -وقيَمًا أخرى- تختلف عن تلك التي نحتاجها لتوضيح منشأ هذه الاختلافات. ساعدت المرآة على خلق الذات الحديثة، بطريقة واقعية، ولكنها غير قابلة للتقدير والقياس. وهذا شيء يجب أن نتفق عليه. أما مسألة كون هذا الشيء إيجابيًا في النهاية فهو سؤال آخر، سؤال قد لا نصل أبدًا إلى إجابة حاسمة له.

يرتفع البركان الخامد في «مونا كيا» على جزيرة «هاواي» الكبرى إلى حوالى أربعة عشر ألف قدم فوق سطح البحر، إضافة إلى أن الجبل يمتد

إلى الأسفل حوالى عشرين ألف قدم ليصل إلى قاع المحيط، مما يجعله أكبر بكثير من قمة إيفرست، على أساس الارتفاع الكائن بين القمة والقاعدة. إنه أحد الأماكن القليلة في العالم التي يمكن لك القيادة فيه من مستوى البحر إلى ارتفاعٍ أربعة عشر ألف قدم في غضون ساعات. عند القمة، يبدو المنظر قاحلا مجدِبًا، يبدو بمساحاته الصخرية، عديم الحياة. وكأنه قطعة من المريخ. بشكل عام، تعمل تيارات هوائية متّجهة من قمة الجبل نحو الأسفل إلى الإبقاء على طبقة الغيوم عند عدة آلاف من الأقدام تحت قمة الجبل؛ والهواء جاف ورقيق. عندما تقف على قمة هذا الجبل تكون أبعد ما يكون عن قارات الأرض وأنت على اليابسة، وهذا يعني أن استقرار الغلاف الجوي حول «هاواي» -بحكم كونه لا يتأثر بتغيرات طاقة الشمس من حيث ارتدادها أو امتصاصها من قبل كتلة ضخمة من اليابسة- هو بنفس درجة استقراره في أي منطقة من الكوكب. إن جميع هذه الخصائص تجعل من زيارة قمة «مونا كيا» واحدة من أكثر الأمور غرابة. ولذلك أيضًا هي مكان عظيم لتتبع النجوم.

الآن، يتوَّج قمة« مونا كيا» ثلاث عشرة محطة رصد جوي مميّزة، قمم بيضاء ضخمة، موزّعة بين الصخور الحمراء، كما لو أنها مواقع متلألئة على كوكب آخر. تتضمن هذه المجموعة من محطات الرصد التلسكوبَيْن التوأمين الموجودين في محطة «دبليو إم كيك»، وهما أقوى تلسكوبين بصريَّين على سطح الأرض. يبدو تلسكوبا «كيك» كما لو أنهما الجيل الذي يلى التلسكوب الذي أبدعه هانز ليبرشي، مع فارق أنهما لا يعتمدان على العدسات في القيام بدورهما الساحر. حتى تتمكّن من التقاط الضوء القادم من الزوايا البعيدة للكون، أنت بحاجة إلى عدسات بحجم سيارة بيك أب؛ وعند هذا الحجم، يصبح من الصعب دعم وتثبيت الزجاج، مما يؤدي إلى تشكّل تشوّهات في الصور التي تلتقطها هذه العدسات. لذلك استفاد العلماء والمهندسون الذن أبدعوا تلسكوبات «كيك» من تقنية أخرى من أجل التقاط الضوء: هذه التقنية هي المرايا.



مرصد كِيك الفلكي، مونا كيا، هاواي.

يمتلك كلٌّ من هذين التلسكوبين ستًا وثلاثين مرآة سداسية الشكل تشكّل مع بعضها لوحة عاكسة يبلغ عرضها عشرين قدمًا. يُعكَس الضوء الملتَقَط من قبل هذه المرآة إلى مرآة ثانية ليُنقل بعدها إلى مجموعة من الأجهزة، حيث تتم معالجة الصور الملتقَطة وتظهيرها على شاشة كومبيوتر. (لا يوجد نقطة مراقبة على تلسكوب كيك تُمكِّن المرء من النظر إلى النجوم مباشرة من خلال التيليسكوب كما فعل غاليليو وعلماء فلك لا يُحصَون من قبله). فحتى في الغلاف الجوي الرقيق والثابت الموجود فوق قمة «مونا كيا»، يمكن للتقلّبات الخفيفة التي تطرأ عليه أن تؤثّر على وضوح الصور الملتقطة من قبل تلسكوبَي «كيك». لذلك تستفيد محطات الرصد هذه من نظام عبقري يدعى «البصريات المتكيّفة» من أجل تصحيح ما تلتقطه هذه التلسكوبات من صور. تُطلَق ليزرات في سماء الليل فوق تلسكوبي «كيك»، لتشكّل ما يعتبر نجمًا صناعيًا في

السماء. يصبح هذا النجم المزيف نوعًا من نقطة مرجعية؛ لأن العلماء يعرفون تمامًا كيف يفترض أن يبدو هذا الليزر في السماء إذا لم يكن هناك أي تشوّه في الصورة، وهكذا يصبح بمقدورهم قياس كمية التشوّه الموجود في أي لحظة عن طريق مقارنة الصورة المثالية لهذا الليزر مع الصورة التي يسجلها التلسكوب بالفعل. مسترشدةً بخريطة الضجيج الجوي، تصدر الكومبيوترات تعليمات للمرايا تؤدّي إلى انحنائها قليلا وفقًا لكمية التشوّه الدقيقة الحاصلة على الصورة في السماء فوق قمة «مونا كيا» في تلك الليلة. يشبه هذا التأثير تمامًا عمليةوضع شخص لديه قصر نظر نظارات طبية لتصحيح النظر: تصبح الأشياء البعيدة فجأة أكثر وضوحًا..

بطبيعة الحال، إن الأشياء البعيدة بالنسبة لتلسكوب «كيك» هي مجرّات وسوبرنوفا[1] تبعد، في بعض الحالات، بلايين السنوات الضوئية عن الأرض. إننا حين ننظر من خلال مرايا تلسكوبَّيْ «كيك»، إنما ننظر إلى الماضي البعيد. مرة ثانية، وسَّع الزجاج مجال قدرتنا على الرؤية: ليس فقط باتجاه عالم الخلايا والجراثيم التي لا تُرى بالعين المجردة، أو عالم الاتصالات عن طريق التلفونات الخلَوية المزوّدة بكاميرات، وإنما باتجاه الماضي السحيق الذي يشكل الأيام الأولى للكون. تمثّل أول استعمال للزجاج في تصنيع الحليِّ والأواني الزجاجية. الآن وبعد مضي عدة آلاف من السنين، نجده جاثمًا فوق الغيوم على قمة جبل «مونا كيا»، لقد أصبح آلة للزمن.

تُذكّرنا قصة الزجاج كيف أن إبداعنا يكتسب المزيد من القوة أو يُلجَم وفقًا للخصائص الفيزيائية للعناصر المحيطة بنا. عندما نتأمّل

---

(1) سوبرنوفا supernova: انفجار نجم شديد الوميض نتيجة انهيار قوى الجاذبية الموجودة في مركزه، ويتميّز بشدة إضاءة تفوق ضوء الشمس بـ 100 مرة. المترجم.

في الكينونات التي صنعت العالم الحديث، فإننا عادةً ما نذكر أولئك الحالمين العظماء من علماء وسياسيين، أو الاختراعات التي شكّلت خرقًا عظيمًا، أو الحركات الاجتماعية الكبيرة. ولكن تاريخنا يملك عنصرًا ماديًا أيضًا: ليس المادية الدياليكتيكية التي تحدّث عنها ماركس، والتي تحمل فيها كلمة «المادية» معنى الصراع الطبقي، وتأتي الأولوية فيها للتفسيرات الاقتصادية لحركة المجتمعات. وإنما التاريخ المادي، بمعنى صياغة التاريخ م بأحجار البناء الأساسية للمادة، والتي ترتبط في ما بعد بأشياء كالحركات الاجتماعية أو الأنظمة الاقتصادية.



الفصل الثاني

التبريد

في مطلع صيف العام 1834، دخلت سفينة ثلاثية الصواري تدعى «مدغشقر» ميناء «ريو دي جانيرو» بعنبرها المليء بحمولة غريبة، هي الأكثر غرابة، وهي محتويات بحيرة «نيوإنغلاند» المتجمّدة. كانت سفينة مدغشقر وطاقمها تحت إمرة رجل أعمال مغامر وعنيد من «بوسطن» يدعى فريدريك تيودور. يعرفه التاريخ الآن باسم «ملك الجليد»، ولكنه كان على مدى حياته كشاب صغير شخصًا فاشلًا بائسًا، ولكنه يتمتّع بإصرار ملفت.

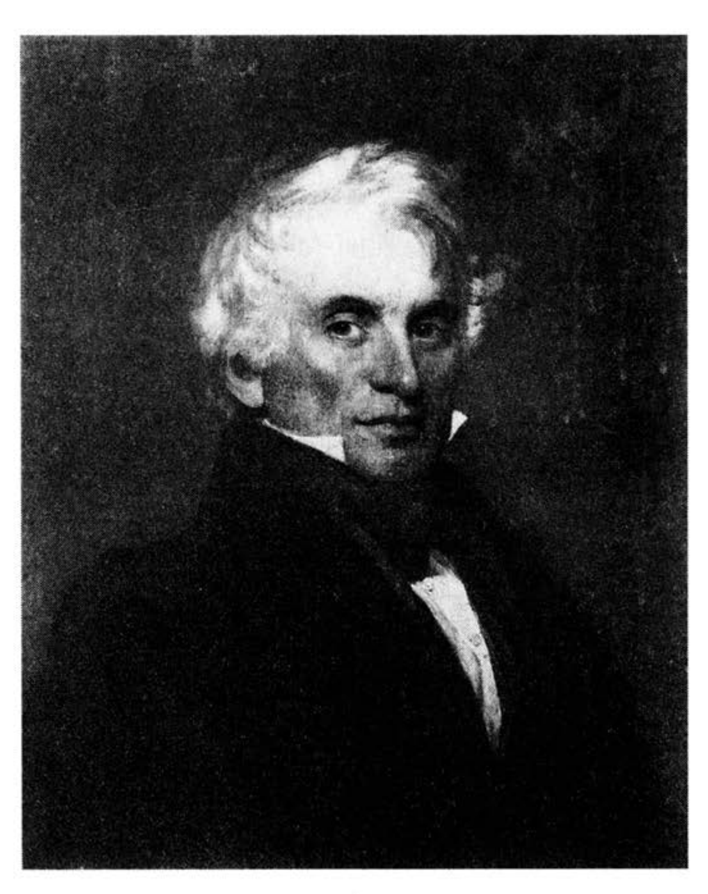
كتب ثورو[1] في كتابه والدن Walden: «إن الجليد مادة تستحق الاهتمام». ناظرًا إلى امتداد بحيرته المتجمّدة ذات اللون الأزرق الجميل في «ماساتشوستِس». ترعرع تيودور وهو يتأمّل المشهد نفسه، وكشاب غني من بوسطن لطالما استمتع مع عائلته بمشهد ماء البحيرة المتجمّد في مزرعتهم الريفية في «رُوْكْ وُود» - ولم يكن ذلك من منظور جمالية البحيرة فقط وإنما لجهة قدرتها على الاحتفاظ بالأشياء باردةً لفترة طويلة. وعلى غرار العديد من العائلات الثرية في الأقاليم الشمالية، كانت عائلة تيودور تُخزِّن قطعًا من ماء البحيرة المتجمّدة في بيوت للجليد، وهي عبارة عن مكعّبات من الجليد زِنَةُ الواحدة منها مائتي باوند وتبقى متجمّدة بشكل رائع إلى حين وصول أشهر الصيف

(1) ثورو Thoreau: فيلسوف وشاعر ومؤرخ أمريكي 1862-1817. المترجم.

الحارّة، حيث كانت تنطلق طقوس جديدة: تقطيع شرائح جليد من هذه المكعبات من أجل تبريد المشروبات، صناعة البوظة، أو لتبريد حوض الاستحمام خلال موجة الحر.

تبدو فكرة بقاء قطعة من الجليد من دون ذوبان لأشهر حيث لا يتوفر التبريد الصناعي غير ممكنة لشخص من العصر الحالي. نحن معتادون على حفظ الجليد لفترة غير محدودة بفضل العديد من تقنيات التبريد العميق التي يوفّرها عالم اليوم. ولكن الجليد في الطبيعة مسألة أخرى - في ما عدا المَجْلَدة glacier التي تتشكّل بالصدفة، نحن نفترض أن قطعة الجليد لا يمكن لها البقاء لفترة أطول من ساعة في حرارة الصيف، وليس أشهرًا.

ولكن تيودرو عرف من خبرته الشخصية أنه يمكن لقطعة الجليد أن تبقى إلى منتصف الصيف إذا ما حُفِظَت بعيدًا عن الشمس، أو أنها ستستمر إلى آخر فصل الربيع في منطقة «نيوإنغلاند». ستزرع هذه المعرفة في ذهنه فكرة ستكلّفه عقله وثروته وحريته قبل أن تجعله في النهاية رجلًا فاحش الثراء. عندما كان تيودور بعمر سبعة عشر عامًا، أرسله والده في رحلة إلى جزر الكاريبي، مرافقًا لأخيه الأكبر سنًا جون الذي كان يعاني من علة في ركبته حوّلته في النهاية إلى شخص مُقعَد. اعتقد الأب أن المناخات الدافئة ستساعد على تحسين صحة جون، ولكن النتيجة كانت في الحقيقة معاكسة تمامًا، فلدى وصولهما إلى «هافانا» انهار الأخوَان تيودور بسرعة في مواجهة الطقس الرطب والحار، فأبحرا سريعًا باتجاه الشمال عائدَين إلى اليابسة، متوقّفَين في منطقتي «سافانا وتشارلستون»، ولكنّ حرارة الصيف المبكرة لاحقتهم، وأصيب جون بمرض قد يكون مرض السل، وبعد ستة أشهرٍ توفى عن عمر يناهز العشرين عامًا.



فريدريك تودور

لقد كانت مغامرة الأخوين تيودور كارثة موصوفة لجهة كونها معالجة طبيّة، ولكن معاناة الشاب فريديرك تيودور جراء الرطوبة الاستوائية وهو يكتسي بثياب ملكية كالتي كان يرتديها سيد من القرن التاسع عشر طرحت عليه فكرة متطرفة - قد يقول عنها البعض إنها لا تُعقل: وهي أنه إذا أمكن له، بطريقةٍ ما، نقل الجليد من الشمال المتجمد إلى «جزر الهند الغربية» West Indies سيكون هناك سوق ضخم لهذه السلعة. لقد أثبت تاريخ التجارة العالمية بوضوح أنه بالإمكان تجميع ثروة طائلة فقط من نقل سلعة متوافرة بكثرة في بيئة ما إلى مكان تندر فيه هذه السلعة. بالنسبة إلى تيودور الشاب، كان الجليد يحقّق هذه المعادلة بشكل كامل: الجليد عديم السعر تقريبًا في «بوسطن» ولكنه لا يقدَّر بثمن في «هافانا».

لم تكن التجارة بالجليد أكثر من مجرّد حسٍّ داخلي راود تيودور، ولكنه، لسبب ما، بقي حيًّا في ذهنه طوال فترة حزنه على وفاة أخيه، وطوال سنيِّ الضياع التي عاشها كشاب ذي قدرات كامنة كبيرة في مجتمع بوسطن. في وقت ما خلال هذه الفترة، بعد عامين على موت أخيه، شارك تيودور هذا خطته غير المعقولة مع أخيه ويليام، ومع الشاب روبرت غاردينر الذي يفوقه ثراءً والذي سيصبح لاحقًا صهره. بعد مضي أشهرٍ على زواج شقيقته، بدأ تيودور بتسجيل ملاحظاته في مدوَّنةٍ، وكغلافٍ لمدوَّنته هذه رسم مخططًا لمبنى «روك وود» الذي مكَّن أسرته منذ زمنٍ من تفادي حرارة شمس الصيف. وقد أسمى مدونته هذه «مدوَّنة بيت الجليد». خَطط لنقل الجليد إلى المناخات الاستوائية. «الأول بوسطن من آب 1805 قرّرنا أنا ووليام أننا في هذا اليوم سنجمع ممتلكاتنا ونشرع في نقل الجليد إلى «جزر الهند الغربية» «West Indies» في الشتاء التالي»، كتب تيودور في مدوّنته.

عبَّر هذا المدخل في مدوَّنة تيودور عن طبعه ونمط سلوكه: حادًّا، متسرّعًا، واثقًا وطموحًا إلى درجة مثيرة للسخرية إلى حدٍّ ما، (كان وليام

على ما يبدو أقل اقتناعًا بما يحمله هذا المخطط من وعود). كانت ثقة تيودور بهذا المخطط نابعة من القيمة المطلقة (القصوى) للجليد فور وصوله إلى المناطق الاستوائية. «في بلد تصل درجات الحرارة فيه خلال بعض الفصول درجة لا تُحتمل»، كتب تيودور في موقع آخر من مدوَّنته. «حيث لا يمكن تناول أكثر ضرورات الحياة شيوعًا، الماء، إلا ساخنًا - سيُعتبر الجليد ترفًا يفوق بأهميته أي ترف آخر». كان مقدَّرا للجليد أن يهب الأَخَوان تيودور «ثروة هي من الضخامة بحيث لن يكون ممكنًا لنا معرفة ما سنفعله بها»، على حدّ قول تيودورو. يبدو أنه لم يفكر بشكلٍ كافٍ بالتحديات التي ستواجهه في نقل الجليد. في مراسلات له من تلك الفترة يسوق تيودور قصصًا منقولة عن مصدر ثالث -مشكوك في صحتها على الأغلب- عن نقل البوظة سليمة من «إنكلترة» إلى «ترينيداد» كدليل مقبول على أن خطته ستلقى نجاحًا. وإذا ما قرأت «مدوَّنة بيت الجليد» الآن سيمكنك سماع صوت شاب مليء بالحماسة واليقين المطلق بصحّة أفكاره، مما حجب عن إدراكه أي مجالٍ للشكّ بصحّة هذه الأفكار أو أي رأي مخالف.

بغضّ النظر عن الدرجة التي بدا فيها فريدريك مضَلَّلًا، فقد كان لديه شيء واحد يعمل لمصلحته: لقد توفّرت لديه الموارد اللازمة لوضع مخطّطه موضع التنفيذ. فقد توفّر لديه المال الكافي لاستئجار سفينة، ويوجد مخزون لا ينضب من الجليد، الذي تصنعه أمُّنا الطبيعة كل شتاء. وهكذا، في تشرين الثاني عام 1805، أرسل تيودور أخيه وابن عمه إلى «المارتينيك» في حملة استطلاعية، وزوَّدهما بتعليمات لإجراء محادثات حول الحقوق الحصرية على الجليد الذي سيصل بعد عدة أشهر. أثناء انتظاره تلقى الأخبار من مبعوثيه، اشترى تيودور سفينة شراعية ذات صاريين تدعى فافوريت بسعر 4750 دولارًا وبدأ بجمع الجليد تحضيرًا للرحلة. في شباط، أبحر تيودور من مدينة «بوسطن» على متن سفينة

فافوريت مع شحنة كاملة من جليد «روك وود»، متّجهًا إلى «جزر الهند الغربية» West Indies. لقد كان مخطط تيودور من الجرأة بحيث لفت انتباه الصحافة، مع أن لهجة الخبر اتسمت ببعض السخرية. «ليس مزاحًا»، نشرت صحيفة بوسطن غازيت. «لقد خرجت سفينة محمّلة بثمانين طنًا من الجليد من هذا الميناء متّجهة إلى «المارتينيك». نأمل ألّا يكون هذا مجرّد توقّعات محفوفة بالمخاطر». لقد كانت سخرية صحيفة الغازيت في محلها، ولكن ليس للأسباب التي قد يخمّنها المرء. بالرغم من تأجيلات تتعلّق بالطقس، وصل الجليد في نهاية رحلته في حالة جيّدة جدًا. ولكن المشكلة كانت شيئًا لم يتخيله تيودور. لم يكن لدى سكان «المارتينيك» أي اهتمام بهديته المتجمّدة الغريبة. فهم ببساطة لم يكن لديهم أدنى فكرة عما يمكنهم فعله بها.

من المسلَّم به في عالمنا الحديث أنه في أي يوم عادي سيتعرض المرء لِطيفٍ واسع من درجات الحرارة. نستمتع بارتشاف قهوة ساخنة في الصباح وتناولَ البوظة بعد الطعام في نهاية اليوم. ومَن يعيش منّا في مناخات صيفها حارٌّ يتوقّع أن يتنقل بين مكاتب مكيّفة ورطوبة خانقة. وفي المناخات الباردة، نلبس ملابس تمنحنا الدفء ونغامر بالخروج إلى الشوارع الباردة، ثمّ نرفع درجة حرارة الترموستات عند العودة إلى المنزل. ولكن الغالبية العظمى من البشر الذين كانوا يعيشون في المناخات الاستوائية في العام 1800 لم تتعرّض ولو لمرة واحدة لأي شيء بارد. لقد كانت درجة استغراب فكرة وجود الماء المتجمّد بالنسبة لسكان «المارتينيك» لتضاهي استغرابهم امتلاك أجهزة آيفون في تلك الفترة.

في ما بعد، ستظهر خصائص الجليد الغريبة، وشبه المستحيلة، في واحدة من أعظم افتتاحيات أدب القرن العشرين، في رواية غابرييل غارسيا ماركيز «مائة عام من العزلة». بعد عدة سنوات، وهو يواجه فريق إعدامه بالرصاص، كان الكولونيل أوريليانو بوينديا يتذكّر بعد ظهر ذلك

اليوم البعيد حيث أخذه والده ليكتشف الجليد. يتذكّر بويندي، سلسلة من المعارض التي أقامها الغجر عندما كان طفلًا، يعرض كل منها تقنيات حديثة عجيبة (رائعة) كان الغجر يعرضون سبائك مغناطيسية، تلسكوبات، ومجاهر؛ ولكن أيًا من هذه الإنجازات التقنية لم يلق استحسان سكان «ماكوندو». المدينة المتخَيَّلة في جنوب أمريكا، بقدر استحسانهم لقطعة من الجليد. ولكن مجرّد غرابة شيء ما قد يجعل إدراك فائدته صعبًا في بعض الأحيان. كانت هذه خطيئة تيودور الأولى. لقد افترض أن جِدَّة الجليد المطلقة ستكون نقطة لصالحه. افترضَ أن قِطع الجليد التي أحضرها معه ستنافس كل الكماليات الأخرى. بدلًا من ذلك، كان كل ما حصل عليه من السكان هو مجرد نظرات غير مبالية.

إن لا مبالاة السكان تجاه القدرات السحرية للجليد جعلت من المستحيل أن يعثر شقيق تيودور، وليام على أي شخص يشتري شحنة الجليد. والأسوأ من ذلك، أخفق وليام في تأسيس مكان مناسب لتخزين الجليد. قطع تيودور كامل الطريق إلى «جزر المارتينيك» ليواجه انعدام الطلب على منتج يذوب تحت تأثير الحرارة الاستوائية بسرعة مرعبة. وزّع إعلانات في أنحاء المدينة تحتوي على تعليمات محدّدة عن طريقة حمل الجليد وحفظه، لكنه لم يجد من يشتريه منه. ولكنه نجح في صنع بعض البوظة من الجليد، مما أثار إعجاب بعض السكان المحليين الذين اعتقدوا أنه من غير الممكن إنتاج هذا المنتج الشهي في هذه المنطقة القريبة جدًا من خط الاستواء. إنما في النهاية، مثّلت الرحلة فشلًا ذريعًا. في مفكرته، قدَّرَ تيودور خسارته في هذه الرحلة الاستوائية الفاشلة بنحو 4000 دولار.

سيتكرّر هذا النموذج التَّعِس لرحلة «المارتينيك» لسنوات قادمة، مع نتائج أكثر كارثيةٍ. أرسل تيودور سلسلة من السفن المحملة بالجليد إلى «جزر الكاريبي»، ولكن لم ينجم عن ذلك سوى ازدياد طفيف في الطلب على هذا المنتج. في تلك الفترة، انهارت ثروة عائلته، وانكفأت

عائلة تيودور إلى مزرعتها في «روك وود»، والتي لم تكن آفاق الزراعة فيها جيّدة، شأنها في ذلك شأن معظم أراضي منطقة «نيو إنغلاند». لقد كان حصاد الجليد آخر أمل لدى العائلة. ولكنه أمل لاقى سخرية مباشرة من معظم سكان «بوسطن»، ومما جعل هذه السخرية تكتسب مصداقية متزايدة هو سلسلة من السفن المحطّمة أو الممنوعة من الإبحار. في العام 1813، أُودِع تيودور سجن المديونين. وبعد أيام من دخوله السجن دوَّن تيودور هذه الخاطرة في مفكرته:

«اعْتُقِلتُ في يوم الاثنين من الشهر الجاري. واحتُجِزتُ في سجن المديونين في «بوسطن»، في هذا اليوم الذي لا يُنسى من تاريخي البسيط، إذْ يبلغ عمري 28 عامًا و6 أشهر و5 أيام. إنه حدث لا أظن أنه كان بمقدوري تجنّبه: ولكنها نتيجة كنت آمل تجنبها، حيث إن أحوالي كانت تبدو جيدة أخيرًا بعد صراع مرير مع ظروف معاكسة دامت سبع سنين - ولكن حدث ما حدث، وقد أخذت على نفسي أن أواجه ما حدث كما أواجه عاصفة السماء التي يفترض أنها ستقوي روح الرجل الحقيقي بدل أن تضعفها».

عانت تجارة تيودور النامية من عائقَيْن أساسيين. كانت لديه مشكلة طلب على تجارته، حيث إن معظم زبائنه المحتملين لم يفهموا ما فائدة منتجه. كما كان لديه مشكلة التخزين: كان يفقد كثيرًا من مُنتَجِهِ بسبب الحرارة، خاصة لدى وصوله إلى المنطقة الاستوائية الحارّة. ولكن قاعدته التي انطلق منها في «نيوإنغلاند» قدّمت له ميزة حاسمة، تتجاوز الجليد نفسه. فعلى عكس جنوب الولايات المتحدة بما يحتويه من مزارع قصب السكر وحقول القطن، كانت الولايات الجنوبية الشرقية خالية على الأغلب من المحاصيل الطبيعية التي يمكن أن تُباع في مكان آخر. وقد عنى هذا أن السفن كانت تميل إلى مغادرة ميناء بوسطن فارغة،

متجهة إلى «جزر الهند الغربية» West Indies لتملأ عنابرها بشحنات قيّمة، قبل أن تقفل عائدة إلى الأسواق الغنية للشاطئ الشرقي. إن دفع أجور طاقم السفينة من أجل إبحارها فارغة من أي حمولة هو عمليًا أشبه بحرق النقود. إن أي حمولة على هذه السفن هو أفضل من لا شيء، ولهذا كان بمقدور تيودور أن يفاوض على أجورٍ أقل من أجل تحميل الجليد على سفن كان يمكن أن تبحر فارغة، وبذلك أمكنه تجنّب الحاجة لشراء وصيانة سفن خاصة به.

يكمن جمال الجليد بالطبع في حقيقة أنه من دون ثمن. احتاج تيودور فقط إلى أن يدفع أجور العمال من أجل قطع كتل منه من البحيرات المتجمّدة. وقد أنتج اقتصاد مقاطعة «نيوإنغلاند» منتجًا آخر لا يساوي شيئًا، وهو نشارة الخشب - وهي الفضلات الناتجة عن صناعة مناشر الخشب. بعد مضي سنوات على تجريب حلول مختلفة، اكتشف تيودور أن نشارة الخشب تشكل عازلًا ممتازًا لجليده. إن وضع كتل الجليد فوق بعضها بحيث تفصل نشارة الخشب فيما بينها يجعلها تبقى من دون ذوبان لفترة أطول بمرتين من وضعها فوق بعضها بدون نشارة الخشب. إنها عبقرية تيودور الاقتصادية: لقد أخذ ثلاثة أشياء سعرها في السوق هو عمليًا لا شيء -الجليد، نشارة الخشب، وسفينة تملكها إحدى الشركات- وحوّل كل ذلك إلى تجارة مزدهرة.

أدرك تيودور منذ رحلته الأولى إلى «جزر المارتينيك» أنه بحاجة إلى مخزن هناك في المنطقة الاستوائية يمكن له التحكّم بشروطه. لقد كان إبقاء منتجه الذي يذوب بسرعة في أبنية غير مجهزة لعزل الجليد عن حرارة الصيف مخاطرة كبيرة. اختبر عدة تصاميم مختلفة لبيت الجليد (مخزن الجليد،) واستقر في النهاية على بناء ذي جدار خارجي مزدوج يعتمد استعمال الهواء الذي يفصل بين جدارين حجريين من أجل إبقاء داخله باردًا.

لم يفهم تيودور آلية عمل هذا البناء، ولكن كلًا من نشارة الخشب والبناء ذي الجدران المضاعفة تعمل وفق نفس المبدأ. يحتاج الجليد من أجل أن ينصهر إلى امتصاص الحرارة من البيئة المحيطة وذلك من أجل كسر روابط ذرات الهيدروجين رباعية السطوح التي تعطي الجليد بنيته البلورية. (إن امتصاص الجليد للحرارة من الجو المحيط هو ما يمنحه مقدرته العجيبة على التبريد)، والمكان الوحيد الذي يمكن أن يحصل فيه التبادل الحراري هو على سطح الجليد، وهذا هو السبب الذي يجعل كتل الجليد الكبيرة تستمر من دون أن تذوب لفترة طويلة. إن جميع روابط الهيدروجين الموجودة في الداخل (بعيدًا عن السطح) تبقى معزولة تمامًا عن الحرارة الخارجية. إذا ما حاولت حماية الجليد من الحرارة الخارجية باستعمال مادة تنقل الحرارة بفعالية -معدن على سبيل المثال- فإن الروابط الهيدروجينية ستفكّك بسرعة ليتشكّل لدينا الماء. ولكن إذا ما خلقت فاصلًا ذا ناقلية ضعيفة للحرارة بين الجليد والوسط الخارجي، سيحافظ الجليد على حالته البلورية. إن ناقلية الهواء للحرارة أقل بألفي مرة من ناقلية المعدن، وهي أقل بعشرين مرة من ناقلية الزجاج للحرارة. في بيوته التي أنشأها تيودور لحفظ الجليد، خلقت الجدران المضاعفة عازلًا من الهواء أبقى حرارة الصيف بعيدة عن الجليد، كما أمَّن تغليف الجليد بنشارة الخشب في عنابر السفن توافر جيوب من الهواء لا تعَدّ ولا تحصى، بين قطع نشارة الخشب من أجل حفظ الجليد معزولًا. تعتمد العوازل الحديثة كالستايروفوم على التقنية نفسها: إن المُبرِّد الذي تأخذه معك أثناء قيامك برحلة يُبقي البطيخ باردًا لأنه مصنوع من سلاسل من البوليستيرين (polystyrene)، التي يعزلها عن بعضها البعض حبوب صغيرة من الغاز.

بحلول العام 1815، تمكن تيودور أخيرًا من تجميع الأجزاء الأساسية في أحجية الجليد: حصاده، عزله، نقله وتخزينه. ملاحَقًا من قبل دائنيه،

بدأ تيودور بإرسال شحنات من الجليد إلى بيت للجليد، وهو تحفة فنية، كان قد بناه في هافانا حيث بدأت تتشكّل بين السكان هناك شهية وتذوقًا للبوظة. بعد خمسة عشر عامًا على حدسه الأولي، جنى تيودور أرباحًا من تجارة الجليد. وبحلول فترة العشرينات من القرن التاسع عشر كان لديه مخازن جليد ممتلئة بماء «نيو إنغلاند» المتجمّد تنتشر في كل أنحاء أمريكا الجنوبية. وفي الثلاثينات من القرن كانت سفنه تبحر إلى «ريو ديجانيرو وبومباي». (ستبرهن الهند في النهاية أنها السوق الأكثر ربحية لتجارته). ولدى وفاته في العام 1846 كان تيودور قد جمع ثروة تساوي أكثر من 200 مليون دولار بسعر الصرف الحالي للدولار. بعد ثلاثة عقود من رحلته الفاشلة كتب تيودور هذه السطور في مدوّنته:

> أبحرت في مثل هذا اليوم منذ ثلاثين عامًا في سفينة ذات صاريَيْن تدعى فافوريت بقيادة الكابتن بيرسون إلى جزر المارتينيك مع شحنة من الجليد. في العام الماضي شحنت أكثر من 30 شحنة من الجليد وشحن أشخاص آخرون 40 شحنة. لقد تأسست هذه التجارة، وأصبحت لا غنى عنها الآن، ولم تعد تعتمد على استمرار حياة أي شخص الآن. إن الإنسان سينعم بها إلى الأبد سواء متُّ سريعًا أو عشتُ طويلًا.

يبدو لنا نجاح تيودور الباهر (ولو جاء متأخّرًا) في بيع الجليد في أصقاع العالم أمرًا غير وارد الآن. ليس لأنه من الصعب علينا تَخيُّل انتقال كتل من الجليد بين «بوسطن وبومباي»، من دون أن تذوب وإنما لأنه هناك صفة غريبة إضافية، تقريبًا فلسفية، لتجارة الجليد. فمعظم أشكال التجارة بالبضائع الطبيعية واسعة الانتشار هي تجارة بسلع تنتجها البيئات ذات الطاقة العالية. فقد اعتمدت تجارة معظم السلع الأساسية في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، كتجارة قصب السكر، والقهوة،

والشاي، والقطن على الحرارة الحارقة للمناخات الاستوائية وشبه الاستوائية. إن الوقود الأحفوري الذي يجوب الكوكب الآن في ناقلات النفط وعبر أنابيب النفط هو ببساطة طاقة شمسية أُسِرَت وخُزِّنت من قبل النباتات منذ ملايين السنين. كان يمكن لك أن تصنع ثروة في عام 1800 عن طريق أخذ أشياء تنمو فقط في البيئات عالية الطاقة وشحنها إلى المناخات منخفضة الطاقة. ولكن تجارة الجليد قدّمت نموذجًا معاكسًا هو، من دون جدال، الأول من نوعه في تاريخ التجارة العالمية. إن ما جعل الجليد قيّمًا هو بشكل دقيق حالة الطاقة المنخفضة لشتاء مقاطعة «نيوإنغلاند»، والمقدرة الغريبة للجليد على تخزين ذلك النقص في الطاقة لفترات طويلة من الزمن. لقد تسبّبت المحاصيل الاستوائية في تضخم المجتمعات في مناخات يمكن أن تكون حارّة بشكل لا يطاق، وهذا بدوره خلق سوقًا لمنتج سمح لسكان هذه المجتمعات بالهرب من تأثير هذه الحرارة. في التاريخ الطويل للتجارة بين البشر، ارتبطت الطاقة بالقيمة بشكل دائم: كلما زادت الحرارة زادت الطاقة، وزادت معها القدرة على تنمية المحاصيل. ولكن يمكن للبرد (للجليد) أن يكون شيئًا ثمينًا في عالم يميل إلى الحرارة المنتجة لقصب السكر ومزارع القطن. لقد كانت تلك بالضبط الرؤيا العظيمة (الفكرة الرائدة) لتيودور.

في شتاء 1846، شاهد هنري ثورو قاطعي الجليد الذين وظّفهم فريدريك تيودور وهم يقطعون كتلًا من جليد بحيرة والدن باستعمال محراث يجره حصان. بالنسبة لثورو بدا هذا مشهدًا من رسوم عائلة بروغل[1]، لرجال يعملون في سهول شتوية باستعمال وسائل بسيطة، بعيدًا جدًّا عن العصر الصناعي الذي كان قد انطلق في مكان آخر.

---

(1) بروغل Brueghel: رسام هولندي/ فلمنكي للمناظر الطبيعية عاش خلال الفترة 1525-1569. المترجم.

ولكن ثورو كان يعرف أن عملهم هذا مرتبط بشبكة أوسع. لقد كتب في مذكراته تصوّرًا جزلًا حول الانتشار العالمي لتجارة الجليد:

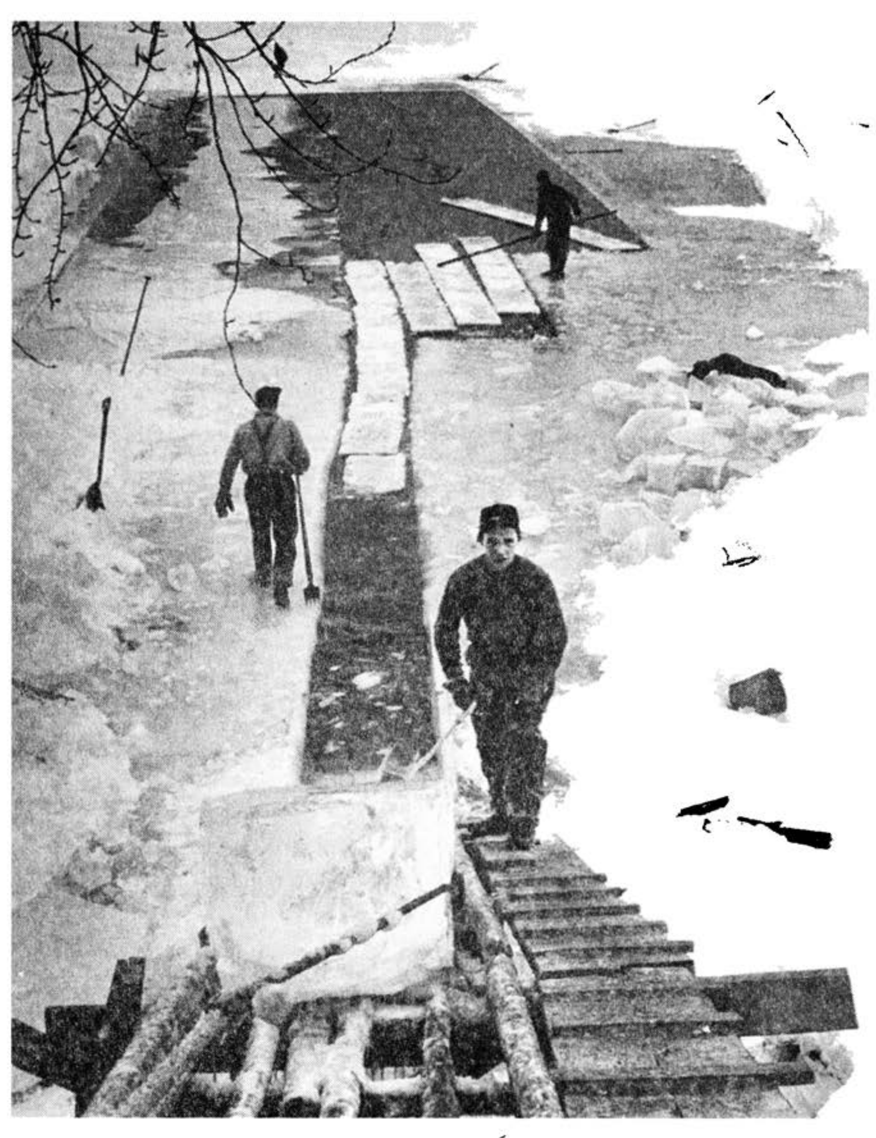
> وهكذا يبدو أن السكان المتلظين بالحر في «تشارلستون ونيو أورليانز»، سكان «مدراس وبومباي وكالكوتا» يشربون من بئري. إن ماء «والدن» النقي يمتزج بمياه «نهر الغانج». وعندما تكون الريح مؤاتية يندفع مارًّا بموقع جزر «أتلانتيس وهزبريدس» الرائعة، ليصل إلى «هانو»[1]، مارًّا بأرخبيل «تيرنيت وتيدور»[2] وفتحة «الخليج الفارسي»، ينصهر في العواصف الاستوائية للبحار الهندية ويرسو في مرافئ سمع بها الاسكندر ولكنه لم يزُرْها.

في الواقع، قلل ثورو من أهمية المدى الذي غطّته تلك الشبكة العالمية - لأن تجارة الجليد التي أوجدها تيودور كانت أكثر بكثير من مجرّد ماء مجمَّد. إن النظرات المندهشة التي واجهت شحنة تيودور الأولى من الجليد إلى «جزر المارتينيك»، قد فتحت الطريق أمام الاعتماد المتزايد على الجليد. أضحت المشروبات المبرّدة بالجليد واحدة من سلع الحياة الأساسية في الولايات الجنوبية. (إن احتمال أن يستمتع الأمريكيون، في يومنا هذا، بإضافة الجليد إلى شرابهم أكبر منه لدى الأوروبيين، وهذا إرث يعود إلى طموح تيودور). بحلول العام 1850، ألهم نجاح تيودور عددًا لا يحصى من المقلّدين، ونقلت السفن أكثر من مائة ألف طن من جليد بوسطن في سنة واحدة. وبحلول العام 1860، كانت تصل يوميًا شحنة من الجليد إلى بيتين من أصل كل ثلاثة بيوت في «نيويورك». يسرد وصفٌ معاصرٌ مدى ارتباط الجليد الوثيق بطقوس الحياة اليومية في تلك الفترة كالتالي:

---

(1) هانو Hanno: مدينة في اليابان. المترجم.

(2) تيرنيت وتيدور Ternate & Tedore: جزر في إندونيسيا. المترجم.



كُتَل جليد مقطَّعة من بحيرة تطفو في الماء،
ثم ترفع على مدرج إلى مخزن لتخزينها- 1950

كان العمال العاديون، وعمال الطباعة والموظفون يجتمعون في معاملهم، ودور الطباعة، وبيوت المحاسبة (البنوك) من أجل الحصول على مؤونتهم اليومية من الجليد. كان كل مكتب أو ركن أو زاوية أضاءَه وجه بشري يُبرَّد أيضًا بوجود صديقه البلّوري. أصبحت حاجة البشر للجليد بمثابة حاجة الدولاب للتزييت. إنه يضع الآلة البشرية ككل في وضعية مريحة، وبفضله يدور دولاب التجارة والأعمال ويقلع محرك تجارة الأعمال النشِط.

لقد غدا الاعتماد على الجليد الطبيعي قويًا جدًّا إلى درجة أن مجيء شتاء دافئ كل عقد من الزمن كان يدفع الصحف إلى جدل واسع حول احتمال «مجاعة جليد» قادمة. في العام 1906، نشرت صحيفة النيويورك تايمز عنوانًا رئيسًا تحذيريًا يقول: «سعر الجليد يرتفع 40 سنتًا، ومن المتوقّع حدوث مجاعة جليد». واستفاضت الصحيفة بأن وضعت الخبر في إطار تاريخي، حيث قالت:

لم تواجه «نيويورك» منذ ستة عشر عامًا مثل هذا الاحتمال في نقص الجليد كالذي تواجهه هذا العام. في العام 1890 كان هناك الكثير من الاضطرابات التي نتجت عن زيادة الطلب على الجليد في كافة أنحاء البلاد. ولكن الطلب على الجليد ازداد منذ ذلك الوقت، واحتمال حدوث نقص حاد في الجليد يشكّل الآن مشكلة أكبر بكثير مما كانت عليه الأوضاع في ذلك الوقت. خلال فترة أقل من قرن من الزمن، انتقل الجليد من كونه سلعة كمالية ليصبح الآن ضرورة ملحة.

لقد غيّر التبريد بواسطة الجليد خارطة أمريكا، وكان هذا التغيير أكبر ما يمكن في «شيكاغو». أتت اندفاعة النمو الأولى في «شيكاغو» عندما تم ربط الأقنية المائية مع خطوط السكك الحديدية، الأمر الذي أدى إلى اتصال المدينة «بخليج المكسيك» ومدن الساحل الشرقي. إن موقع «شيكاغو» الملائم كنقطة عبور للنقل -والناجم عن موقعها

الطبيعي إضافة إلى الأعمال الهندسية الكبرى التي نُفِّذت هناك خلال القرن- مكّن من تدفّق قمح السهول الخصبة الوافرة الإنتاج إلى مراكز التجمّع البشري في الشمال الشرقي. ولكن كان من غير الممكن نقل اللحوم كل هذه الرحلة من دون تعرّضها للفساد. مع بداية النصف الثاني من القرن طوّرت «شيكاغو» تجارة ضخمة في لحم الخنزير المحفوظ، حيث بدأت المسالخ على مشارف المدينة في ذبح الخنازير وتوضيبها في براميل ومن ثَمَّ إرسالها إلى الشرق. إلا أن لحم البقر الطازج بقي الغذاءَ المحلّي الشهيّ.

لكن مع مرور سِنيِّ ذلك القرن، نشأت حالة اختلال في العرض والطلب بين مدن الشمال الشرقي الجائعة والماشية المتوفّرة في وسط غرب البلاد. ومع ازدياد الهجرة التي كانت ترفع أعداد البشر في مجتمعات «نيويورك» و«فيلادلفيا» والمراكز المدينية الأخرى خلال فترات الأربعينات والخمسينات من القرن التاسع عشر، أخفق العرض المتوفر محليًا من لحوم الأبقار في مجاراة الطلب الزائد في المدن المتنامية. في هذه الأثناء، مكّن غزو السهول العظيمة رعاة البقر (والماشية) من تربية قطعان ضخمة من البقر، من دون توفّر عدد مقابل من البشر في المنطقة من أجل الاستهلاك. لقد كان من الممكن نقل الأبقار حيّة بواسطة القطار إلى الولايات الشرقية ليتم ذبحها بعد وصولها، إلا أن نقل الأبقار حيّة كان مكلفًا وكانت الحيوانات تصاب بسوء التغذية، أو كانت تتعرض للأذية أثناء النقل. نصف الحيوانات المنقولة تقريبًا لم يكن صالحًا للاستهلاك البشري عند وصولها إلى «نيويورك» أو «بوسطن».

أمّن الثلج في النهاية طريقة للالتفاف على هذا الطريق المسدود. في العام 1868 بنى تاجر لحم الخنزير المشهور بنجامين هتشينسون مصنعًا جديدًا للتوضيب، يضم غرفًا محشوة بالجليد الطبيعي مما سمح لهم بتخزين



صبيان يراقبان عاملان وهما يقومان بتوصيل كتل جليد
إلى رصيف هارلم- 1936

لحم الخنزير على مدار السنة، وقد وُصِف ذلك بأنه أحد الابتكارات الرئيسة في هذه الصناعة وفقًا *لدونالد ميللر*، في كتابه عن تاريخ «شيكاغو» في القرن التاسع عشر بعنوان «مدينة القرن[1]». لقد كانت بداية ثورة ستغيّر ليس فقط «شيكاغو» وإنما كامل المشهد الطبيعي لوسط أمريكا. في السنوات التي تلت حريق العام 1871، ألهمت غرف التبريد التي أنشأها هتشينسون مستثمرين آخرين بإضافة وحدات مبردة بالجليد إلى منشآت تجارة توضيب اللحوم. بدأ عدد قليل بنقل شحنات من لحم البقر إلى الشرق في مقطورات سكك حديد مفتوحة في الشتاء، معتمدين على درجة حرارة الجو من أجل الحفاظ على قطع اللحم باردة. في العام

(1) مدينة القرن: City of the century.

1878 وَظَّف غوستافوس *فرانكلين* سويفت مهندسًا من أجل بناء سيارة مبرَّدة متطوّرة، مصمّمة خصيصًا من أجل نقل لحم الأبقار إلى شاطئ الساحل الشرقي على مدار العام. يوضع الجليد في صناديق فوق اللحم؛ وعند المواقف على الطريق، كان العمال يقومون بتبديل قطع الجليد الموضوعة على السطح بقطع جديدة، من دون تحريك قطع اللحم في الأسفل. «كان هذا تطبيقًا لمبادئ الفيزياء الأساسية» كتب *ميللر*، وهو الأمر الذي غيّر وجه التجارة القديمة لذبح الأبقار من تجارة محلية إلى تجارة أعمال عالمية، حيث قادت العربات المبرّدة إلى بناء سفن مبرّدة، قامت بنقل لحوم أبقار «شيكاغو» إلى أربع قارات. «لقد غير نجاح هذه التجارة العالمية وجه المشهد الطبيعي للسهول الأمريكية بطرائق ما زالت ماثلة للعيان حتى الآن؛ حيث استُبدلت أراضي المروج المتلألئة بقطاعات للرعي ذات طابع صناعي، مشكّلة، بحسب ما كتب ميللر «نظام غذاءٍ مدينيٍّ- ريفي - شكَّل القوة البيئية الأكثر زخمًا في تحويل المشهد الطبيعي الأمريكي منذ بدء تراجع مَجْلَدات العصر الجليدي».

كانت حظائر الماشية التي نشأت في «شيكاغو» خلال العقدين الأخيرين من القرن التاسع عشر، بكلمات *أبتون* سِنكلير: «أعظم تكتّل للقوّة ورأس المال اجتمعا في مكان واحد». كان يجري ذبح 14 مليون رأس ماشية وسطيًا في العام الواحد. تعود بداية عصر التصنيع الغذائي، والذي يُنظَر إليه الآن بازدراء من قبل دعاة «الغذاء البطيء[1]» بشكل أو آخر إلى نشوء حظائر «شيكاغو» وشبكة المواصلات المبرّدة بواسطة الجليد التي انطلقت من تلك الحظائر والمسالخ الكالحة. صوّر التقدميون من

(1) في اللغة الإنكليزية يطلق على سلسلة المطاعم التي تبيع اللحوم المحضّرة مسبقًا كمطاعم الهمبرغر وغيرها اسم محلات الغذاء السريع Fast food، ولذلك يسمى مناهضو هذا النوع من الغذاء مجازيًا بدعاة الغذاء البطيء «slow food». المترجم.

أمثال أبتون سِنكلير «شيكاغو» بأنها «جحيم دانتي» في عالم الصناعة، ولكن في الحقيقة كان بإمكان أي جزَّار من العصور الوسطى التعرّف على معظم التقنيات المستعملة في هذه الحظائر. كانت عربات القطار المبرّدة هي التقنية الأكثر تطورًا في خط الإنتاج المستعمل. وقد أصاب ثيودور دريزر عين الصواب عندما وصف خط إنتاج الحظائر بأنه «خط إنتاج مباشر يبدأ بالذبح، ثم التقطيع يليه التبريد».

يعود النجاح في «شيكاغو» بحسب الرواية التقليدية إلى اختراع السكك الحديدية وبناء قنوات الري. إلا أن هذا يشكّل جزءًا من القصة فقط. إن النمو السريع «لشيكاغو» لم يكن ممكنًا لولا الخواص الكيميائية الغريبة للماء: مقدرته على خزن البرودة وتحريرها بشكل بطيء بتدخّل بسيط جدًّا من قبل الإنسان. لو قُدِّر أن اختلفت خصائص الماء السائل بشكل ما، لاتخذت الحياة على الأرض شكلًا مختلفًا بشكل جذري (والاحتمال الأكبر هو أنها ما كانت لتتطوّر أساسًا). ولكن لو لم يمتلك الماء قابلية التجمد لاتخذ تطور أمريكا القرن التاسع عشر منحىً مختلفًا على الأغلب أيضًا. يمكن لك إرسال التوابل عبر العالم بدون الحاجة إلى ميزة التبريد، ولكن لا يمكن لك إرسال لحوم الأبقار من دون ذلك. لقد مكّن الجليد من تخيل نوع جديد من شبكات نقل الغذاء. إننا ننظر إلى «شيكاغو» على أنها رجال عريضو المناكب، وإمبراطوريات من خطوط السكك الحديدية ومسالخ لذبح الماشية. إلا أن قولنا أنها بُنيت على روابط من الهيدروجين رباعية السطوح هو صحيح أيضًا.

إذا ما وسّعت إطار مرجعيتك، ونظرت إلى تجارة الجليد في إطار التاريخ التكنولوجي، للاحظت وجود شيء محيّر، ينطوي على مفارقة تاريخية، ومرتبط بإبداع تيودور. كان منتصف القرن التاسع عشر فترة تميّزت بالمعامل التي تعمل على الفحم، والسكك الحديدية، وخطوط التلغراف التي تصل المدن الكبرى ببعضها. مع ذلك، اعتمدت أفضل

تكنولوجيا للتبريد كليًا على قطع كتل الجليد المأخوذة من ماء بحيرة متجمّدة. كان الإنسان قد بدأ التجريب في تكنولوجيا التسخين منذ مائة ألف سنة على أقل تقدير. منذ اكتشافه النار – وهي بدون جدال أول إبداعات الإنسان البدائي، الهوموسابيان (العاقل)، ولكن النهاية المقابلة من الطيف الحراري شكّلت تحدّيًا أكبر للإنسان. فبعد انقضاء قرن كامل من الزمن على الثورة الصناعية، كان التبريد الصناعي لا يزال حلمًا. ولكن الطلب التجاري على الجليد –كل تلك الملايين من الدولارات التي كانت تتدفّق باتجاه الأعلى من المناطق الاستوائية إلى بارونات الجليد في «نيوإنغلاند»- بعثت برسالة عبر العالم مفادها أنه يمكن جمع أموال طائلة من وراء البرودة، مما أطلق العنان في النهاية لبعض العقول المبدعة في رحلة للبحث عن الخطوة التالية في عالم التبريد الصناعي.

سيُلهم نجاح تيودور جيلًا جديدًا من رجال الأعمال الذين لا يقلّون عنه إبداعًا، بخلق ثورة التبريد المصنَّع من قبل الإنسان، ولكن، مهما قُدِّر لنا الاحتفاء بثقافة الشركات التي يؤسسها أفراد في عالم التكنولوجيا اليوم، فإن الإبداعات الضرورية لا تأتي دائمًا من استكشافات وتبصّرات القطاع الخاص. لا يكون الحافز للأفكار الجديدة دائمًا، كما في حالة تيودور، نابعًا من أحلام فردية بجمع «ثروات طائلة أضخم من أن نعرف ماذا نفعل بها أو كيف سنصرفها». إن لفن الإبداع البشري مصادر إلهام عديدة. ففي حين بدأت تجارة الجليد مع حلم شاب في تحقيق غنىً غير مسبوق، فإن قصة التبريد الصناعي بدأت بحاجةٍ بشريةٍ أكثر إلحاحًا: طبيب يحاول الإبقاء على مرضاه على قيد الحياة.

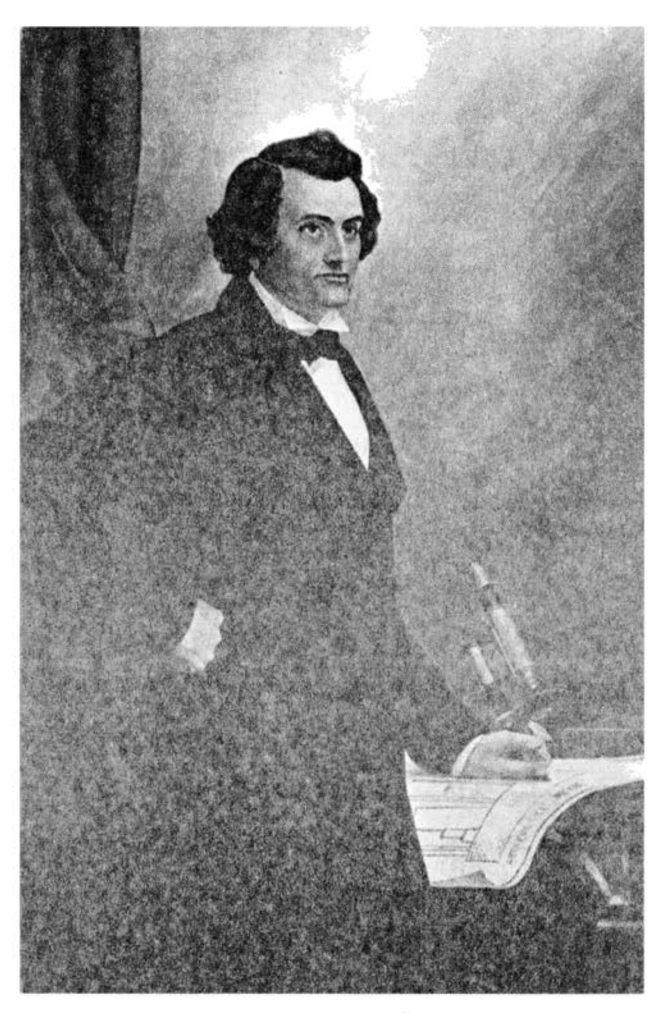
إنها قصّة تبدأ من الحشرات: في مدينة «أبلاتشيكولا، فلوريدا»، وهي مدينة تضم عشرة آلاف شخص يعيشون على حافة مستنقع في مناخ شبه استوائي. مما شكّل بيئة مناسبة جدًّا لتكاثر وانتشار البعوض. في العام 1842، أدّت كثافة البعوض هناك، في النهاية، إلى خطر انتشار الملاريا.

في مشفى المنطقة المتواضع، مكث الدكتور جون غوري عاجزًا أمام العشرات من مرضاه الذين يحترقون بنار الحمَّى.

وبسبب حاجته لإيجاد طريقة لتخفيض درجة حرارة مرضاه، جرّب غوري تعليق كتل من الجليد تتدلّى من سقف المشفى. لقد تبين أنه كان حلًا فعّالًا: برَّدت كتل الجليد الهواء في المشفى، والهواء بدوره برَّد المرضى. وبانخفاض درجة حرارتهم تعافى بعض المرضى من مرضهم. ولكن حلّ غوري المرتَجل والمصمَّم من أجل مواجهة التأثيرات الخطرة للمناخات الاستوائية فقد قيمته في النهاية تحت تأثير منتج ثانوي آخر للبيئة. إن الرطوبة الاستوائية التي جعلت فلوريدا ذاك المكان الملائم جدًا للبعوض ساعدت أيضًا على ظهور تهديد آخر: الأعاصير. لقد أخّرت سلسلة من حوادث غرق السفن نتيجة الأعاصير وصول شحنات من الجليد من مدينة تيودور «نيو إنغلاند» مما أدّى إلى بقاء الدكتور غوري من دون تموينه المعتاد من الجليد.

وهكذا بدأ الطبيب الشاب بالتفكير مليًا في حلٍّ أكثر جدِّية وجذرية لمشفاه: وهو صناعة الجليد الذي يحتاجه. ومن حُسن حظ غوري، أن الوقت كان ملائمًا لهذه الفكرة. لآلاف السنين، لم يخطر على بال البشرية فكرة صناعة الجليد. لقد اخترعنا الزراعة والمدن وأقنية جرّ المياه والطباعة، ولكن التبريد كان خارج حدود الممكن على مدى كل هذه السنين. مع ذلك، أصبح من الممكن بشكل من الأشكال تخيُّل التبريد الصناعي أواسط القرن التاسع عشر. وإذا ما استعملنا مصطلح ستيوارت كوفمان للتعبير عن هذه الحالة، أصبح التبريد جزءًا من «الحيِّز المجاور للممكن» لتلك الفترة.

كيف نوضح حدوث هذا الاختراق؟ لم يكن ذلك فقط مجرد مسألة عبقرية منفردة لشخص واحد توصّل بمفرده إلى هذا الاختراع



دكتور جون غوري

المميَّز لأنه أذكى من أي شخص آخر. ذلك أن الأفكار هي أساسًا جزء من شبكة من الأفكار الأخرى. إننا نأخذ الوسائل المتاحة، والمفاهيم والمجازات والمعرفة العلمية المتوفّرة في وقتنا، نعيد مزجها مع بعضها لنحصل على شيء جديد. ولكن إذا لم يكن لديك أحجار البناء الصحيحة، لا يمكن لك إحداث تقدّم، مهما كنت لامعًا وذكيًا. لم يكن ممكنًا لأذكى العقول اختراع برّادٍ في أواسط القرن السابع عشر. إنه لم يكن، بكل بساطة، جزءًا من «الحيّز المجاور للممكن» في تلك اللحظة. ولكن قِطَع الأحجية رُتِّبت في أماكنها الصحيحة بحلول العام 1850.

إن أول الأشياء التي كانت ضرورية لتحقيق ذلك قد يبدو لنا الآن أمرًا مضحكًا: كان علينا اكتشاف أن الهواء مكوَّن في الحقيقة من شيءٍ ما، أي إنه لم يكن مجرّد فضاءٍ فارغ بين الأشياء. في القرن السابع عشر اكتشف علماء هواة ظاهرة غريبة: لقد اكتشفوا الفراغ، أي الحيّز الخالي من الهواءِ، والذي تبيّن أنه في الحقيقة مكوَّنٌ من لا شيء. وقد تصرّف بشكل مختلف عن الهواء العادي. فاللهب سينطفئ في الفراغ؛ كما أن أي شيء مغلق تحت التفريغ هو من القوة بحيث أن فريقين من الخيل لا تستطيع فتحه. في العام 1951، وضع العالِم الإنكليزي روبرت بويل طائرًا في مرطبان (قطرميز) وسحب الهواء منه باستعمال مضخة تفريغ. مات الطائر، وهو ما توقّع بويل حدوثه. ولكن الطائر، ولغرابة ما حدث، تجمّد أيضًا. إذا كان الفراغ إلى هذه الدرجة من الاختلاف عن الهواء الطبيعي بحيث يمكن له إنهاء الحياة، فلا بد إذًا من وجود مادة غير مرئية مصنوع منها الهواء الطبيعي. وبينت هذه التجربة كذلك أن تغيير حجم أو ضغط الغازات قد يغير درجة حرارتها. توسّعت معرفتنا في القرن الثامن عشر، حيث أجبر المحرك البخاري المهندسين على اكتشاف الآلية التي تتحوّل فيها الحرارة إلى طاقة، مما أدّى إلى اختراع علم مكتمل هو التيرموديناميك (أو الحركية الحرارية). طوّرت في إثْره أدوات من

أجل قياس الحرارة والوزن بدقّة متزايدة، بالإضافة إلى مقاييس نظامية كالسيلسيوس (درجة الحرارة المئوية) والفهرنهايت. وكما هو الحال غالبًا في تاريخ العلوم والاختراعات، عندما تحدث قفزة إلى الأمام في عالم الدقة وقياس الأشياء تنشأ إمكانيات جديدة.

كانت هذه العوامل تدور كلها في ذهن غوري، كما تدور الجزيئات في الغاز، تتقافز في ما بينها، مشكّلة روابط جديدة. وفي وقت فراغه، بدأ غوري بإنشاء آلة تبريد. واستعمل لتحقيق ذلك طاقة مضخّة من أجل ضغط الهواء. أدى ضغط الهواء إلى تسخينه. بعد ذلك برّدت الآلة الهواء المضغوط عن طريق تمريره عبر أنابيب يبردها الماء. عندما تمدّد الهواء المضغوط قام بسحب الحرارة من البيئة المحيطة، وكما كانت الحال مع روابط الهيدروجين رباعية السطوح، فإن سحب الحرارة من البيئة برَّد الهواء المحيط. وقد كانت هذه الآلة قادرة على صنع الجليد أيضًا.

لقد عملت آلة غوري المُبرِّدة بشكل رائع. لم يعد يعتمد على الجليد المشحون في السفن من على بعد آلاف الأميال. لقد خفّض غوري درجة حرارة مرضاه ببرودة مُنتَجَة محليًا. تقدّم ببراءة اختراع - وتنبأ، بمستقبل واعدٍ للتبريد، وكان على حقّ في نبوءته تلك، حيث كتب: «يمكن للتبريد أن يخدم الجنس البشري بشكل أفضل حيث سيمكن حفظ الفاكهة، والخضار، واللحوم أثناء نقلها بواسطة نظام التبريد الذي اخترعْتُه وبذلك يستمتع الجميع بها!».

مع ذلك، وبالرغم من نجاحه كمخترع، لم يحرز غوري أي تقدّم كرجل أعمال. لقد كان الجليد الطبيعي، وبفضل تيودور، متوفّرًا بكثرة وبثمن زهيدٍ بحيث إن العواصف التي كانت تقلب السفن المحمّلة بالجليد الطبيعي لم تكن لتؤثر على استمرار هذه التجارة. وما جعل وضع غوري أسوأ، هو أن تيودور نفسه شنّ حملة لتشويه اختراع غوري، مدَّعيًا أن الجليد الذي تنتجه آلة غوري كان ملوَّثًا بالبكتيريا. لقد كانت

تلك حالة نموذجية تنتقص فيها صناعة مسيطرة من قيمة تكنولوجيا جديدة متفوقة عليها، تمامًا كما جرى رفض أول كومبيوترات تحتوي على واجهة بينية interface من قبل منافسيها الذين ادّعوا أنها مجرد «ألعاب»، وأنها أجهزة غير مناسبة لتجارة الأعمال. لقد توفّى غوري مفلسًا بعد أن فشل في بيع آلة واحدة من آلات التبريد التي اخترعها.

ولكن فكرة التبريد الصناعي لم تَمُتْ بموت غوري. بعد سنوات كثيرة من الإهمال، اجتاحت العالم براءات اختراع للتبريد الصناعي مع بعض التنوّع في مقاربتها. لقد أضحت الفكرة فجأة موجودة في كل مكان، ليس لأن الآخرين سرقوا فكرة غوري، وإنما لأنهم توصّلوا، وبشكل مستقل، إلى نفس التصميم الأساسي. توضّعت في النهاية أحجار بناء فكرة التبريد في مكانها الصحيح. وهكذا فإن فكرة توليد هواء بارد غدت فجأة «منتشرة في الهواء».

إن براءات الاختراع هذه، المتنافسة في أنحاء الكوكب هي مثال صارخ عن واحدة من أعظم حالات الفضول العلمي في التاريخ. وهي ما يطلق عليه العلماء اليوم «الاختراع المتكرر». تنزع الاكتشافات العلمية والاختراعات إلى أن تأتي مجتمعة، حيث يعثر مجموعة من الباحثين المبعثرين جغرافيًا، وبشكل مستقل عن بعضهم، على نفس الاكتشاف. إن احتمال أن يعثر شخص عبقريٌّ على فكرة لا يمكن لأحد غيره حتى أن يحلم بها هو، في الحقيقة، الاستثناء وليس القاعدة. معظم الاكتشافات تصبح قريبة إلى خيال الباحثين في لحظة محدّدة من التاريخ، بعد هذه النقطة يبدأ عدد من الناس تخيّل هذه الاكتشافات. لقد اختُرِعت البطارية الكهربائية، والتلغراف، والمحرك البخاري، ومكتبة الموسيقى الرقمية جميعها من قبل العديد من الأفراد بشكل مستقل عن بعضهم البعض خلال عدة سنوات. في بداية العشرينات من القرن المنصرم أحصى باحثان من جامعة كولومبيا تاريخ الاختراعات في

بحث مدهش بعنوان «هل الاختراعات حتمية؟». لقد وجدا 1481 حالة من الاختراعات المتزامنة، حدث معظمها في نفس العقد، اكتُشِف بعدها مئات الاختراعات الأخرى.

لم يكن اختراع التبريد مختلفًا: إذْ إنّ معرفة علم التيرموديناميك وكيمياء الهواء الأساسية، مجتمعة مع الثروات الاقتصادية التي جُمِعت من تجارة الجليد أنضجت فكرة اختراع التبريد الصناعي. كان المهندس الفرنسي فرديناد كار أحد هؤلاء المخترعين الذين تزامن اختراعهم للتبريد مع اختراع غوري، فقد صمّم، وبشكل مستقل، آلة تبريد اعتمادًا على نفس المبدأ الذي اعتمده غوري. بنى كار أشكالًا أولية لآلته المُبرِّدة في باريس، إلا أن فكرته ستسود في النهاية بسبب الحوادث التي اندلعت في الطرف الآخر من المحيط الأطلسي: كان الجنوب الأمريكي يعاني من نقص كبير في الجليد، ولكن لأسباب مختلفة. فبعد اندلاع الحرب الأهلية العام 1861، حاصر الاتحاد الولايات الجنوبية من أجل شل اقتصاد الحلفاء. أوقفت بَحْرية الاتحاد تدفق الجليد الطبيعي بشكل أكثر فاعلية من العواصف التي كانت تهبّ على طول الخليج. وبسبب اعتمادها اقتصاديًا وثقافيًا على تجارة الجليد، وجدت الولايات الجنوبية الحارة نفسها فجأة بحاجة ماسة إلى التبريد الصناعي.

مع اشتداد الحرب، أصبح ممكنًا في بعض الأحيان وصول شحنات من البضائع المهرّبة ليلًا رغم الحصار لترسو على الشواطئ الممتدة على طول سواحل الأطلسي والخليج. ولم يحمل المهربون شحنات البارود والأسلحة فقط. لقد حملوا في بعض الأحيان بضائع أكثر جَدَّةً: آلات صانعة للجليد مبنية وفقًا لتصميم كار. استعملت هذه الآلات الجديدة الأمونيا كوسيلة للتبريد وأمكن لها إنتاج أربعمائة باوند من الجليد في الساعة. هُرِّبت آلات كار من فرنسا إلى «جورجيا ولويزيانا وتكساس». قامت مجموعة من المخترعين بتعديل آلات كار، بحيث أصبحت أكثر

فاعلية. افتُتح عدد قليل من مصانع الجليد التجارية، معلنة أول ظهور لها على ساحة التصنيع. بحلول العام 1871، أنتجت الولايات الجنوبية جليدًا صناعيًا أكثر من أي مكان آخر في العالم.

في العقود التي تلت الحرب الأهلية، ازدهر التبريد الصناعي، وبدأت تجارة الجليد الطبيعي بالتدهور لتصل إلى الزوال. أصبح التبريد صناعة ضخمة، ليس فقط من حيث كمية الأموال المتداوَلة وإنما من حيث ضخامة حجم الآلات: آلات عملاقة تزن مئات الأطنان تعمل بالبخار، ويشرف على عملها جيش كامل من المهندسين. مع بداية القرن العشرين كانت منطقة «ترويبكا» القريبة من «نيويورك» -وهي الآن موقع لمساكن فاخرة هي الأغلى ثمنًا في العالم- عبارة عن برّاد ضخم، قطاعات كاملة من الأبنية من دون نوافذ، وذلك من أجل تبريد طوفان لا ينتهي من المنتجات القادمة من سوق غذاء «واشنطن» المجاور.

كان ما يميز قصة التبريد في القرن التاسع عشر هو طموحها وسعيها إلى الاتساع والانتشار. ولكن الثورة التالية في التبريد الصناعي تطوّرت بشكل مختلف تمامًا. لقد أخذت وجهة تصغير حجم آلات التبريد. سوف تتقلّص أحجام تلك القطاعات الطويلة من البرادات الضخمة في منطقة «ترويبكا» بشكل سريع لتدخل كل غرفة مطبخ في أمريكا. لكن، وللمفارقة، فإن البصمات التي تركها تصغير آلات التبريد أدّت إلى خلق تغييرات كبيرة في المجتمع البشري، وقد كانت هذه التغيرات من الضخامة بحيث أمكن رؤيتها من الفضاء.

في شتاء العام 1916، انتقل مستثمر وعالِم طبيعة غريب الأطوار مع عائلته إلى سهوب التاندرا البعيدة في «لابرادور». وأمضى عدة شتاءات هناك بمفرده، يعمل على إنشاء شركة فَرو تُربِّي الثعالب وتشحن الحيوانات أحيانًا، وكان يعطي تقارير إلى مؤسسة حصر التنوّع الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية. انضمت إليه زوجته وابنه بعد

مضي خمسة أسابيع على ولادته. أقل ما يقال عن «لابرادور» أنها لم تكن المكان المناسب لطفل حديث الولادة. كان المناخ قاسيًا، حيث كانت تصل درجات الحرارة بشكل دوري إلى 30 درجة فهرنهايت تحت الصفر، وكانت المنطقة بكاملها محرومة تمامًا من منشآت طبية حديثة. كثير من أنواع الغذاء لم تكن متوفّرة أيضًا. وبسبب المناخ البارد في «لابرادور» كان كل ما يمكن تناوله من الغذاء أثناء الشتاء هو الطعام المحفوظ أو المجمَّد: فيما عدا السمك، لم يتوفّر هناك أي مصدر آخر للغذاء الطازج. كانت الوجبة النموذجية هناك هي ما يطلق عليه السكان المحليون اسم «برُوِيز» brewis وهو سمك الكود المملح مع «تاك» قاسٍ، والتاك هو خبز بصلابة الصخر، تغلى مع بعضها وتُزيَّن بقطع صغيرة مقلية من دهن الخنزير المملح. حتى إنّ اللحوم والأغذية المجمدة تفْقِد قوامها وطعمها بعد إذابتها.

ولكن عالِم الطبيعة كان مغامرًا في أنواع الغذاء التي يتناولها، تستهويه أنواع الأطعمة لدى الثقافات المختلفة (دوّن في مذكراته أنه قد يجرّب تناول كل شيء من الأفعى ذات الأجراس إلى حيوان الظربان الأمريكي). وهكذا شرع في صيد السمك من تحت الجليد برفقة سكان الإنيوت المحليين، حيث كانوا يحفرون ثقوبًا في سطوح البحيرات المتجمدة ويضعون فيها سنارة صيد بحثًا عن سمك الترويت. وبسبب درجات الحرارة شديدة الانخفاض تحت الصفر، كانت أي سمكة تتجمّد بمجرد سحبها من البحيرة.

من دون أي تخطيط مسبق، صادف عالم الطبيعة تجربة علمية أثناء جلوسه لتناول الطعام مع عائلته في «لابرادور». لقد اكتشفوا أن طعم السمك القادم من رحلات صيد السمك من مياه البحيرات المغطاة بالجليد كان طازجًا أكثر من طعم السمك في الطعام المعتاد. كان الفرق

A gift in a million...for a wife in a million!



General Electric 1949 Two-door Refrigerator-Home Freezer Combination

More than 1,700,000 General Electric Refrigerators in service ten years or longer.

GENERAL ELECTRIC

إعلان لثلاجة ومجمدة جنرال إليكتريك- 1949



في الطعم بارزًا إلى درجة محسوسة مما دفع عالِمنا إلى محاولة معرفة سبب احتفاظ سمك الترويت المجمّد بنكهته. وهكذا بدأ كلارنس بيردس *آي* بحثًا سيضع اسمه في النهاية على عبوات البازلاء المجمّدة وعلى السمك المحضّر في هيئة أصابع في مخازن الغذاء حول العالم.

في البداية، افترض بيردس *آي* أن السمك احتفظ بطزاجته لأنه ببساطة كان حديث الاصطياد، ولكنه مع تعمقه في دراسة الظاهرة، بدأ يدرك وجود عامل آخر يلعب دورًا. ولعلم المبتدئين في هذا المجال يحافظ سمك الترويت الذي جرى صيده من تحت الجليد وتجمَّد بفعل حرارة الجو شديدة الانخفاض على نكهته لأشهرٍ، على عكس السمك الذي كان يجمّد بطرائق أخرى. بدأ بيردس آي اختباراته مع الخضار المجمدة ووجد أن المنتجات المجمّدة في قلب الشتاء تحافظ، بشكل ما، على طعم أفضل من المنتجات المجمّدة أواخر الخريف أو بداية الربيع. حلّل الغذاء تحت المِجهر ولاحظ فرقًا واضحًا في بلّورات الجليد المتشكّلة أثناء عملية التجميد: لقد كان لدى المنتَج الذي فقد نكهته بلوراتٍ أكبر بكثير من المنتَج المجمَّد في قلب الشتاء، والتي بدا أنها نتيجة لحجمها الكبير فإنها تُفتِّت (تهتك) البنية الجزيئية للغذاء نفسه.

في النهاية، توصل بيردس *آي* إلى توضيح علمي مقنع للفرق الشاسع في الطعم: لقد تعلق ذلك بسرعة عملية التجميد. يسمح التجميد البطيء للروابط الهيدروجينة في الجليد بتشكيل بلّورات أضخم. بينما أدى التجميد الذي يحصل في ثوانٍ –تجميد صاعق، كما يطلق عليه حاليًا– إلى تشكيل بلّورات أصغر بكثير مما أدى إلى تلف أقلّ في الغذاء نفسه. لم يفكّر صيادو السمك المحليون، الأنويت، بالموضوع من حيث مصطلحات البلورات والجزيئات، ولكنهم واظبوا على الاستمتاع بفوائد التبريد الصاعق لقرونٍ من خلال سحبهم أسماكًا حية من الماء مباشرة إلى هواء صاعق في برودته.



كلارس بيردسآي في لابرادور- كندا- 1912

مع استمراره في تجربته، خطرت فكرة جديدة في ذهن بيردس *آي*: مع ازدياد انتشار التبريد الصناعي، هناك فرصة كبيرة لتوسّع سوق الغذاء المجمَّد إذا ما أمكن تحسين نوعية الغذاء المجمَّد. وكما فعل تيودور قبله، بدأ بيردس *آي* بتدوين ملاحظاته عن تجاربه في التبريد. أيضًا كما فعل تيودور، ستمكث هذه الفكرة في ذهنه لعقد كامل قبل أن تتحوّل إلى شيء صالح تجاريًا. لم تكن تلك تجليات مفاجئة، أو ومضة ضوء في ذهنه، بل كانت شيئًا أكثر إمتاعًا، كانت فكرة تتشكّل ببطء لتأخذ شكلها النهائي مع مرور الوقت. كانت ما أحبَّ أن يطلق عليه اسم «تشكّل تدريجي»، وهي مختلفة تمامًا عما يسمى «ومضة مفاجئة». كانت فكرة تكتمل على مدى عقودٍ وليس ثوانٍ.

كان أول إلهامٍ يراود بيردس *آي* هو الذروة المتمثّلة بطزاجة الغذاء: سمكة ترويت سُحِبت من البحيرة المتجمدة. ولكن الإلهام الثاني كان عكس الأول تمامًا: عنبر سفينة تجارية معبأ بأسماك الكود المتعفّنة. بعد مغادرته «لابرادور»، عاد بيردس *آي* إلى بيته الأصلي في «نيويورك» وحصل على عمل لدى مؤسسة الأسماك، حيث شاهد بأم العين الشروط السيئة التي تعاني منها تجارة الأسماك، مما جعله يكتب في ما بعد «لقد شعرت بالقرف عندما شاهدت مدى عدم مراعاة شروط الصحة العامة أثناء توزيع الأسماك الكاملة (غير المنظّفة) الطازجة، لدرجة أنني بدأت بتطوير طريقة تسمح بإزالة الفضلات التي لا تؤكل من الأغذية القابلة للتلف في مكان الإنتاج، وتوضيبها في حاويات صغيرة وملائمة، وتوزيعها إلى ربات المنازل مع المحافظة عليها طازجة وبنكهتها الأصلية».

في العقود الأولى من القرن العشرين، اعتُبرت تجارة الغذاء المجمّد في أسفل سلم التجارة. كان يمكن لك شراء سمك أو غذاء مجمَّد، ولكن كان يُنظَر إليه على نطاق واسع على أنه غير مناسب للأكل. (في



كلارِس بيردسآي وهو يختبر على قطع من الجزر لتحديد تأثيرات سرعات تحريك متنوعة وسرعات جريان هواء على الطعام

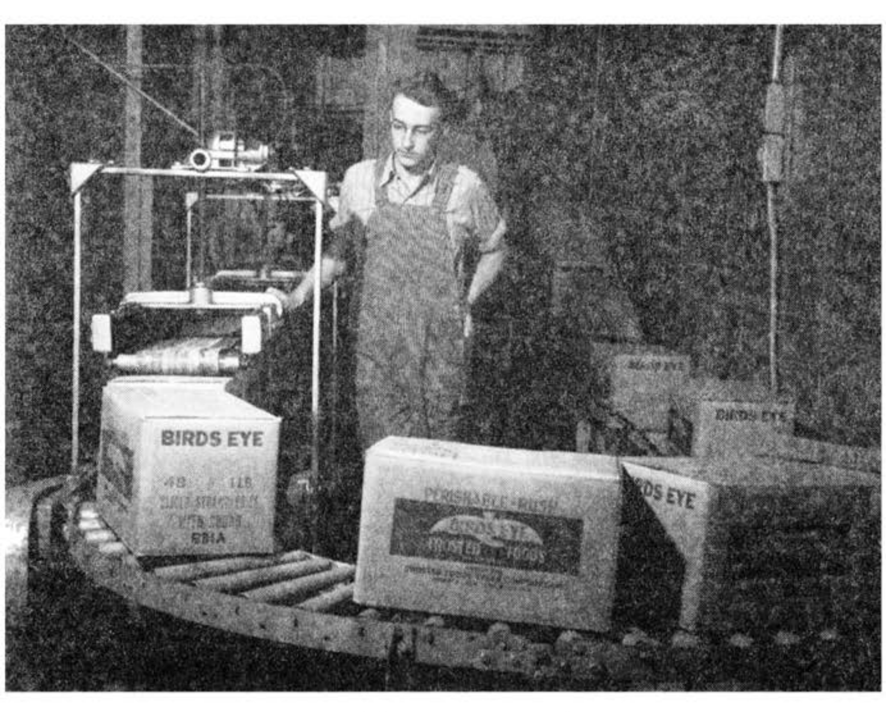
الحقيقة كان الغذاء المجمَّد مروِّعًا إلى درجة أنه مُنِعَ من قائمة الغذاء في سجون ولاية «نيويورك» لكونه أقل جودة من المستويات المعتمدة في مطابخ السجون). إحدى المشكلات الأساسية كانت أن الغذاء كان يجمَّد عند درجات حرارة مرتفعة نسبيًا، وغالبًا ما كانت هذه الدرجة أقل ببضع درجات من درجة حرارة التجمُّد. ولكن، كان التطوّر العلمي خلال العقود المنصرمة قد سمح بإنتاج درجات حرارة صناعية تصل إلى نفس درجات حرارة الطقس في «لابرادور». مع بدايات العقد الثالث من القرن العشرين، كان بيردس *آي* قد طوّر عملية تبريد صاعق باستعمال صناديق كرتونية مليئة بالسمك المرتب فوق بعضه البعض، وتعريضها لدرجات حرارة 40 فهرنهايت تحت الصفر. وبإلهام من مصنع فورد الصناعي الجديد ذي الطراز T، قام بإنشاء مجمّدة تحوي على «سَيرَين متحرّكين»، سمحا بتسيير عملية التبريد على طول خط إنتاج أكثر فاعلية.

أسس بيردس *آي* شركة سماها جنرال سيفود (أو الشركة العامة للغذاء البحري) مستعملًا فيها هذه التقنيات الجديدة للإنتاج. لقد وجد أن كلّ الأغذية التي قام بتجميدها بهذه الطريقة -سواء فاكهة، لحوم، أو خضار- بقيت طازجة بشكل ملفت عند تذويبها.

كان الغذاء المجمَّد لا يزال بعيدًا عقدًا من الزمن عن أن يصبح غذاءً أساسًا في النظام الغذائي الأمريكي. (لقد تطلّب الأمر كتلة حرجة من المجمِّدات -في مخازن الغذاء الكبيرة ومطابخ المنازل- والتي لم تتحقّق إلا بعد سنوات الحرب). ولكن تجارب بيردس *آي* كانت واعدة إلى درجة أنه في العام 1929، قبل أشهر فقط من الانهيار الاقتصادي المعروف باسم بلاك فرايداي، جرى الاستحواذ على شركة سيفود جنرال من قبل شركة بوستوم *سيريال كومباني*، والتي غيّرت اسمها على الفور إلى جنرال فود. إن مغامرات بيردس *آي* في مجال صيد السمك الجليدي جعلت منه في النهاية مليونيرًا، وما زال اسمه موجودًا على عبوات السمك المثلجة حتى يومنا هذا.

لقد بدأ إنجاز بيردس *آي* المتمثّل في الغذاء المجمَّد يتشكّل ببطء أولًا، ولكنه نشأ أيضًا نتيجة لاصطدام فضاءات جغرافية ومعرفية مختلفة. وكي يتمكّن بيردس *آي* من تخيّل عالم الغذاء المجمَّد بسرعة صاعقة، احتاج إلى مواجهة تحدّيات إطعام أسرة تعيش في مناخ القطب الشمالي محاطة ببرد قارس لا يرحم؛ كما احتاج أن يقضي وقتًا مع صيادي الأسماك من قبيلة الإنويت، وأن يشاهد حاويات سفن صيد أسماك الكود ذات الرائحة الكريهة في موانئ «نيويورك». كما احتاج أيضًا لاكتساب المعرفة العلمية اللازمة لإنتاج درجات حرارة أخفض بكثير من درجة حرارة التجمّد، والمعرفة الصناعية التي مكّنته من بناء خط إنتاج. وكما هي الحال مع أي فكرة قيّمة، لم يكن اكتشاف بيردس *آي* ناجمًا عن تبصّر منفرد، وإنما كان شبكة من الأفكار الأخرى، تكاملت في ما بينها في تموضع آخر. لم يكن ذكاء بيردس *آي* المفرد هو ما جعل فكرته مؤثّرة وقوية، وإنما كان ذلك بفعل اختلاف الأماكن وأشكال الخبرة التي اكتسبها وجمعها مع بعضها.

في عصرنا الحالي، الذي يتميز بمهارة في إنتاج الطعام من مصادر مختلفة، لم تعد عشاءات الطعام المجمَّد التي نشأت خلال العقود التي تلت اكتشاف بيردس *آي* مرغوبة. ولكنه لدى نشأته، أثّر الغذاء المجمّد على الصحة إيجابًا، بإضافته مواد أكثر تغذية وفائدة إلى وجبات الأمريكيين. لقد وسّع الغذاء المجمَّد بالصعق امتداد شبكة الغذاء زمانيًا ومكانيًا: إذ أمكنه استهلاك منتجات غذائية بعد انقضاء شهور عديدة على حصادها في الصيف. كما أصبح ممكنًا لأشخاص يقيمون في «دنفر» أو «دالاس» تناول أسماك التُقطت في شمال المحيط الأطلسي. لقد كان من الأفضل تناول بازلاء مجمَّدة في شهر كانون الثاني على الانتظار خمسة أشهر للحصول عليها طازجة.



عامل في لباس العمل يتفقّد صناديق Birds Eye للطعام المجمد وهي تسير على سكة الناقل المتحرك، الصورة بين عامي 1922 -1950

بحلول العقد السادس من القرن العشرين، تبنَّى الأمريكيون طريقة حياة صاغها التبريد الصناعي بشكل عميق وفعّال، حيث كانوا يشترون وجبات غداء مجمَّدة من جناح الأغذية المجمَّدة في السوبر ماركت المحلي، ويخزنونها فوق بعضها في مجمِّدات براداتهم الجديدة، التي تعرض آخر ما تم التوصّل إليه من تكنولوجيا صناعة الجليد. ووراء الكواليس دعم اقتصاد التبريد أسطولٌ ضخمٌ جدًا من الشاحنات المبردة، تنقل بازلاء بيردس *آي* المجمّدة (والكثير من الماركات المقلّدة لها) في أنحاء البلاد كلّها. لم يكن أفضل جهاز تبريد مبتكر متواجدًا في البيت الأمريكي خلال العقد السادس من القرن العشرين من أجل تخزين

شرائح السمك المبّردة المعدة للغذاء، ولا من أجل صناعة الجليد لتحضير شراب المارتيني، وإنما كان جهازًا من أجل تبريد وتخفيض رطوبة المنزل بكامله. كان المهندس الشاب ويليس كاريير هو من حلم بأول جهاز لمعالجة الهواء وذلك العام 1902. إن قصة اختراع كاريير هي من القصص النموذجية في سجلات الاكتشافات التي حدثت عن طريق الصدفة.

عندما كان عمره خمسة وعشرين عامًا عمل كاريير لدى شركة طباعة في «بروكلين» من أجل وضع خطة لهم لتساعدهم على منع حبر الطباعة من السيلان وتلطيخ ورق الطباعة في أشهر الصيف الرطبة. إنّ اختراع كاريير لم يُزِل الرطوبة من غرفة الطباعة فحسب، وإنما برَّد هواءها أيضًا. لاحظ كاريير بعد تركيبه جهاز التبريد في غرفة الطباعة ميل جميع العاملين إلى تناول طعام الغذاء إلى جانب آلات الطباعة، وبدأ بتصميم أجهزة غايتها تنظيم رطوبة وحرارة الحيّز الداخلي ضمن الغرَف. في غضون سنوات قليلة أنشأ كاريير شركة -ما زالت حتى الآن واحدة من أضخم مصنّعي مكيفات الهواء في العالم- ركّزت على استعمال تكنولوجيا التبريد صناعيًا. ولكن كاريير كان مقتنعًا أيضًا بأن تكييف الهواء يجب أن يكون أيضًا مُلْكًا للناس جميعًا وليس للصناعة فقط.

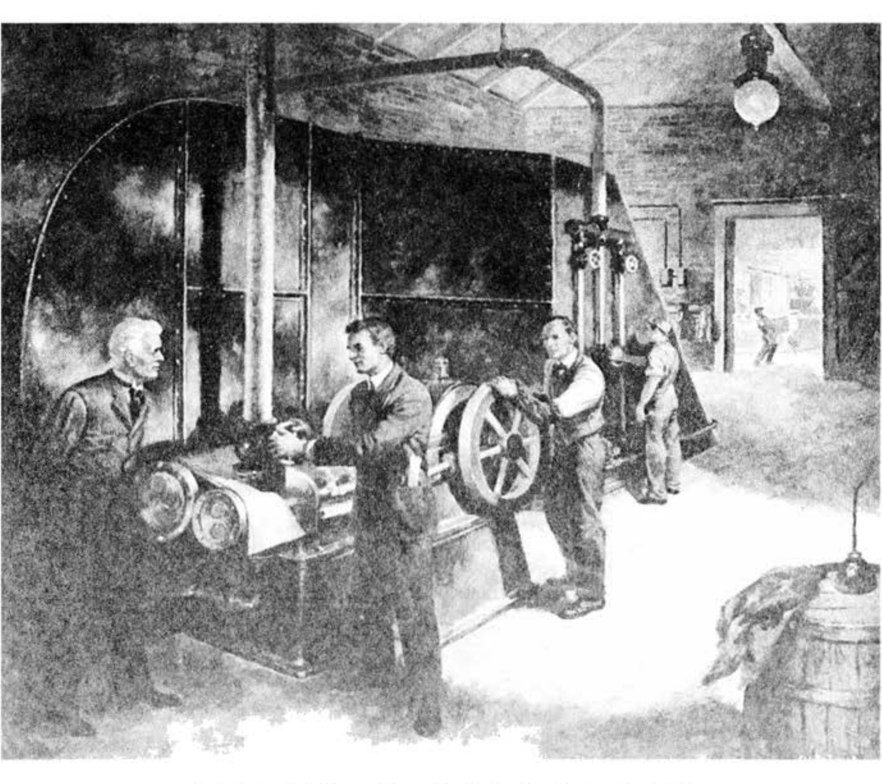
أتى اختباره الأول في يوم الشهداء في عطلة نهاية الأسبوع من العام 1925، حيث عرض كاريير نظام تكييف اختباري في مسرح ريفولي، وهو مسرح عرض سينمائي افتتحته شركة *باراماونت* للأفلام على ظهر سفينة. كانت المسارح منذ زمن أمكنة ثقيلة الظل على زائريها خلال أشهر الصيف (في الحقيقة كان عدد من دور العرض قد جرَّب تبريد المسارح بواسطة الجليد في القرن التاسع عشر، وكما كان متوقعًا، كانت النتيجة هي ازدياد الرطوبة). وقبل التكييف الصناعي كانت أي فكرة لإقامة عرض شعبي في الصيف أمرًا غير معقول: إذ كان آخر مكان



اختبار في المخبر التجريبي لشركة كاريير كوربوريشن لوحدة تكييف مركزي بطاقة ستة غرف وبسعر 700 دولار والتي تنشر الهواء البارد على مستوى أرض الغرفة؛ صعد الدخان الذي يجعل الهواء البارد مرئياً إلى ارتفاع ثلاثة أقدام في غرفة المعيشة المبينة في الصورة، 1945

ترغب بالتواجد فيه خلال يوم حار هو غرفة تضم ألف جسد يتعرق. وهكذا أقنع *كاريير* مدير شركة *باراماونت* الأسطورة، *أدولف* زوكر، أنه سيجني مبالغ طائلة نتيجة لاستثماره في تركيب مكيفات هواء مركزية في مسارحه.

حضر زوكر شخصيًا لمشاهدة اختبار التكييف المركزي في يوم الشهداء، حيث جلس في المقاعد العليا من المسرح بعيدًا عن الأعين. عانى *كاريير* وفريقه من بعض الصعوبات التقنية أثناء محاولتهم تشغيل نظام تكييف الهواء، كانت الغرفة ممتلئة بالمراوح اليدوية التي تلوِّح بشكل متوتر قبل بدء العرض، ذكر كاريير المشهد فيما بعد في دفتر مذكراته قائلًا:



نظام تكييف الهواء في شركة ساكيت وڤيلهلم للطباعة

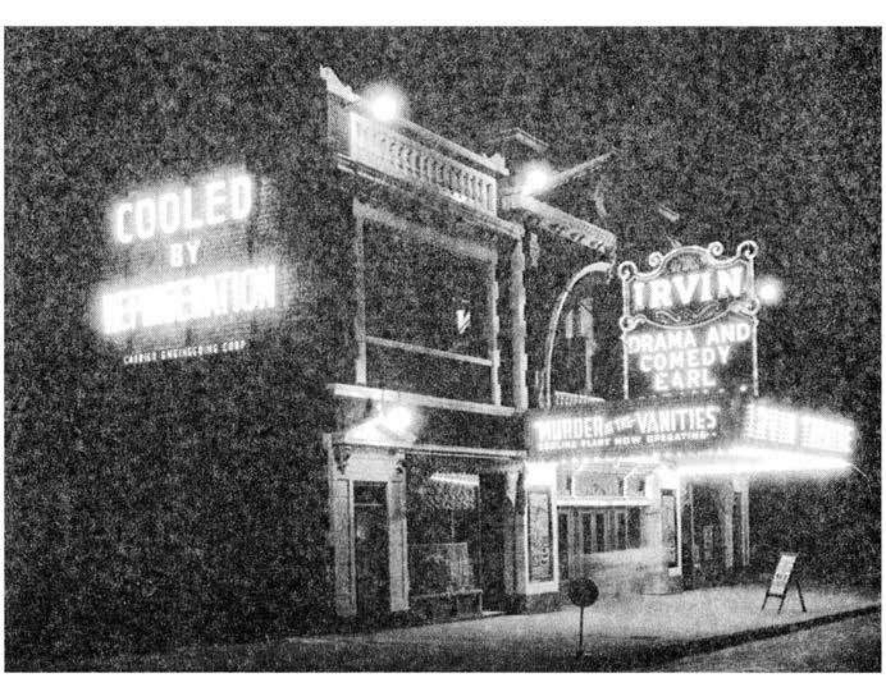
إنّ تخفيض حرارة مسرح امتلأ بسرعة بروّاده خلال يوم حار يتطلّب بعض الوقت، ويأخذ ذلك وقتًا أكبر إذا كان في بيت مليء بالسكان. سقطت، تدريجيًا، وبشكل غير ملحوظ تقريبًا، المراوح اليدوية في أحضان حامليها مع ظهور تأثير نظام تكييف الهواء. استمر فقط عدد قليل من مدمني استعمال المراوح اليدوية، ولكنهم سريعًا ما توقّفوا أيضًا. بعد ذلك ذهبنا إلى قاعة الاستقبال وانتظرنا نزول السيد زوكر. عندما رآنا، لم ينتظر علينا لنسأله رأيه. بادرنا بالقول بشكل مقتضب: نعم، سيحبها الناس.

خلال الفترة بين العامين 1925 و1950 عرف معظم الأمريكيين التكييف المركزي فقط في الفضاءات (الأماكن) التجارية كالمسارح والسينما، والمتاجر متعدّدة الأقسام، والفنادق، والأبنية الحكومية. كان كاريير يعرف أن تكييف الهواء سيتجه إلى الفضاء السكني (المنازل)، ولكن أجهزة التكييف كانت لا تزال ضخمة جدًا ومرتفعة الكلفة بالنسبة لمنزل عائلة من الطبقة الوسطى. قدّمت شركة كاريير لمحة عن مستقبل عالم التكييف هذا في معرض الاستقطاب الدولي الذي نظّمته العام 1939 تحت اسم «كوخ الغد». عرضت فيه شركة كاريير عجائب تكييف الهواء المنزلي من خلال بنية غريبة مؤلفة من خمس طبقات من بوظة الفانيليا الطرية، إلى جانبها مجموعة أرانب من الثلج في تشكيلة مشابهة لفريق التزلج على الجليد «روكيتس[1]».

ولكن تحقيق رؤية كارتيير في التبريد المنزلي سيتأجّل بسبب اندلاع الحرب العالمية الثانية. لم تصل أجهزة تكييف الهواء إلى واجهات المنازل حتى نهاية العقد الرابع من القرن العشرين، بعد حوالى 50 عامًا من اختبارها، وذلك مع ظهور أول وحدات تكييف محمولة وقابلة للتثبيت على النوافذ في الأسواق. خلال خمس سنوات، ركّب الأمريكيون أكثر من مليون وحدة تكييف للهواء في العام الواحد. عندما نفكر في التوجّه نحو تقليص حجم الأجهزة الذي ساد في القرن العشرين، يتبادر إلى ذهننا الترانزيستورات والشرائح الدقيقة (الميكروتشيبس)، إلا أن تقليص حجم أجهزة تكييف الهواء يستحقّ مكانه في سجل الاختراعات أيضًا. كانت آلة التبريد يومًا ما أكبر من صندوق شاحنة وتقلّص حجمها ليصل الآن إلى قطعة يمكن تركيبها في نافذة المنزل.

---

(1) روكيتس Rockettes: فريق تزلج متناغم على الجليد. المترجم.



مسرح إرڤين، عشرينات القرن الماضي

سيؤدّي هذا التقلّص في حجم أجهزة تكييف الهواء إلى سلسلة من الحوادث التي تضاهي في تأثيرها ما أحدثه اختراع السيارة من تأثير في نماذج استيطان السكان في الولايات المتحدة الأمريكية من عدّة أوجه. فقد تحوّلت أمكنة كثيرة فجأة من مناطق حارّة ورطبة لدرجة لا تطاق -بما فيها بعض المدن التي لم يحتمل فريدريك تيودور حرارتها في أشهر الصيف عندما كان شابًا- إلى أماكن قابلة للعيش من قبل شريحة كبيرة من عامة الشعب. بحلول العام 1964، حصل انعكاس في حركة تدفق الناس من الجنوب إلى الشمال التي ميّزت الفترة التي تلت الحرب الأهلية. وقد توسّع حزام الشمس مع مجيء مهاجرين جدد من الولايات الأبرد، بعد أن أصبح ممكنًا لهم تحمّل الرطوبة الاستوائية



"كوخ أسكيمو المستقبل" الدكتور ويليز، هـ كاريير ممسكا بميزان حرارة داخل كوخ الأسكيمو ليعرض جهاز التكييف في معرض سانت لويس العالمي، وقد بقيت درجة الحرارة داخل كوخ الأسكيمو ثابتة عند 68 درجة على مقياس فهرنهايت

ومناخات الصحراء الحارقة بفضل تقنية تكييف الهواء في المنازل. حلّق عدد سكان «توسان» من 45,000 إلى 210,000 نسَمة خلال عشر سنوات فقط، تمدّدت «هيوستن» من 600,000 إلى 940,000 نسَمة خلال نفس العقد. في ثلاثينات القرن العشرين، عندما كان *ويليس كاريير* يختبر تكييف الهواء أمام *أدولف زوكر* في *مسرح ريفولي*، كان مجتمع «فلوريدا» أقل من مليون نسَمة. بعد مضي نصف قرن، نرى أن الولاية في طريقها إلى أن تصبح إحدى أكبر أربع ولايات من حيث عدد السكان، بوجود عشرة ملايين شخص يتجنّبون صيف الولاية الرطب

والحار عن طريق منازل تتمتّع بهواء مكيّف. إن اختراع كاريير لم يكتفِ بنشر جزيئات من الأكسجين في كل مكان، وإنما انتهى ناشرًا البشر أيضًا في أماكن لم يعهدوها سابقًا.

لا مناصٍ من حدوث تأثيرات سياسية نتيجة للتغييرات الواسعة في التوزع السكّاني. لقد غيّرت هجرة الناس إلى حزام الشمس الخريطة السياسية في أمريكا. أصبح الجنوب، والذي كان معروفًا بكونه معقلًا للديموقراطيين، محاصَرًا بدَفقٍ من المتقاعدين الذين كانوا من المحافظين في توجههم السياسي. وكما يثبت المؤرخ نيلسونو. بولسبي في كتابه «كيف تطوّر الكونغرس»، فقد كان لانتقال الجمهوريين من الشمال إلى الجنوب خلال الفترة التي تلت اختراع تكييف الهواء دورًا مزعزعًا لقاعدة حزب الديكسيكرات[1] يعادل في تأثيره الدور الذي لعبه المتمردون ضد حركة الحقوق المدنية. وللمفارقة، أطلقت هذه التغييرات العنان لموجة من الإصلاحات الليبرالية في الكونغرس، حيث زال انقسام أعضاء الكونغرس الديموقراطيين بين جنوبيين محافظين وتقدميين في الشمال. ولكن الأثر الأكثر أهمية للتكييف المركزي كان بدون جدل على السياسات الرئاسية. لقد أدى تضخم المجتمعات البشرية في «فلوريدا» و«تكساس» وجنوب «كاليفورنيا»، إلى انزياح في تركيبة المجمع الانتخابي (electoral college) باتجاه «ولايات الحزام الشمسي» (Sun Belt)، حيث ربحت ولايات المناخ الدافئ اثنين وعشرين صوتًا من أصوات المجمع الانتخابي خلال الفترة الواقعة بين 1940 و1980، في حين خسرَت الولايات الأبرد في الشمال الشرقي «حزام الصد» «Rust Belt» واحدًا وثلاثين صوتًا. في النصف الأول من القرن العشرين، تحدَّر اثنان فقط من الرؤساء ونوابهم من ولايات حزام

(1) حزب الديكسيكرات dixiecrat: هو الحزب الديموقراطي اليميني الأمريكي، وهو حزب انفصالي لم يستمر طويلًا نشأ في الولايات المتحدة عام 1948. المترجم.

الشمس. إلا أنه، ومع بداية العام 1952 احتوت كل بطاقة انتخابية رئاسية رابحة على مرشّح من ولايات حزام الشمس، إلى أن كسر باراك أوباما وجو بايدن هذا الخط في العام 2008.

إن هذا غوص في عمق التاريخ: بعد قرنٍ تقريبًا من بدء ويليز كارير بالتفكير في كيفية منع الحبر من تلطيخ ورق الطباعة في «بروكلين»، ساعدت مقدرتنا على التحكم بالجزيئات الصغيرة للهواء والرطوبة في تغيير جغرافيا السياسة الأمريكية. إلا أن صعود حزام الشمس في الولايات المتحدة كان مجرد بروفة لما يحدث الآن على مستوى الكوكب. في كافة أنحاء العالم، نجد أن أكثر المدن الضخمة (ميغاسيتيز) توَسّعًا تقع في غالبيتها في المناخات الاستوائية: مثل «تشيناي»، «بانكوك»، «جاكرتا»، «كراتشي»، «لاغوس»، «دبي» و«ريو دي جانيرو». يتنبأ علماء السكان (Demographers) أن هذه المدن الحارّة ستضم أكثر من بليون قاطن جديد بحلول العام 2025.

غني عن القول إن العديد من هؤلاء المهاجرين لا يملكون مكيّفات هواء في بيوتهم، على الأقل حتى الآن، ويبقى السؤال مفتوحًا عما إذا كانت هذه المدن ستتمكّن من الاستمرار على المدى البعيد، وبشكل خاص تلك الموجودة في مناخات صحراوية. ولكن القدرة على ضبط الحرارة والرطوبة في الأبنية المكتبية والمخازن الضخمة، والبيوت الأكثر غنًى سمحت لهذه المراكز المدنية أن تجذب إليها قاعدة اقتصادية قذفتها إلى مصاف المدن الضخمة. إنه ليس من قبيل المصادفة أن تقع أكبر المدن في العالم: «لندن»، «باريس»، «نيويورك» و«طوكيو»، بشكل حصري تقريبًا في المناطق المعتدلة حتى النصف الثاني من القرن العشرين. إن ما نشهده الآن هو، على الأغلب، أضخم هجرة جماعية في تاريخ البشرية، وهي أول هجرة جماعية كان المحرّض لحدوثها هو تطبيق تكنولوجي منزلي.

إن الحالمين والمخترعين الذين قادوا ثورة التبريد لم تنتابهم حالات «وجدتُها.. وجدتُها». ونادرًا ما تسببت أفكارهم اللامعة في تغيير العالم مباشرة. كان لدى غالبيتهم إحساس داخلي، حَدس، ولكنهم كانوا من الصلابة والعناد بحيث حافظوا على حدسهم حيًّا لسنوات، وحتى لعقود، إلى أن تجمّعت كافة القطع مع بعضها وحُلَّت الأحجية. تبدو بعض هذه الاختراعات تافهة بالنسبة لنا الآن. هل تركّزت طاقة الإبداعات الجمْعية على مدى عقود وعقود فقط من أجل جعل الوجبات الجاهزة المجمَّدة آمنة للناس؟ إن عالم التجميد الذي ساعد تيودور وبيردس آي في استحضاره وجعله واقعًا، سيفعل أكثر من مجرد ملء العالم بشرائح السمك المجمَّد. إنه سيساهم أيضًا في ملء العالم بالبشر، ويعود الفضل في تحقيق ذلك إلى التبريد الصاعق للحيوانات المنوية والبويضات والأجنَّة وحفظها في التجميد العميق. يدين ملايين البشر حول العالم بوجودهم إلى تقنيات التبريد الصناعي. اليوم، تسمح تقنيات جديدة في التبريد العميق للنساء بتخزين بويضاتهم السليمة المتشكلة في سنوات عمرهن المبكرة، مما يزيد من فترة خصوبتهن إلى العقد الرابع والخامس من أعمارهن في العديد من الحالات. يوفّر هذا الخيار حرية من نوع جديد في الطريقة التي تقرّر فيها النساء الحصول على أطفال -بدءًا من الأزواج المثليّين أو الأمهات العازبات وذلك باستعمالهن بنوك الحيوانات المنوية من أجل تلقيح بويضاتهنّ، إلى نساء يعطين أنفسهن حرية البقاء في سوق العمل لعقدين من الزمن قبل أن يفكّرن في إنجاب الأطفال- كل هذا كان مستحيلًا حدوثه من دون اختراع التجميد الصاعق. لدى التأمّل في الأفكار التي حقّقت خرقًا وسبقًا تكنولوجيًا، نميل إلى حصر التفكير في إطار الاختراع الأصلي. تُكتشف طريقة لصنع الجليد (للتبريد الصناعي)، فنَفترض أن ذلك سيعني بالنسبة لنا غُرَفًا أبرد، أو أننا سننام بشكل أفضل في الليالي الحارة، أو سيكون

لدينا مصدر ثابت للجليد من أجل تبريد أقداح الصودا التي نشربها. وهذا شيء يسهل فهمه، ولكنك إذا ما اكتفيت بقص رواية التبريد بهذه الطريقة، ستفقد الجانب الملحمي منها. بعد مضي قرنين فقط على بدء فريدريك تيودور التفكير في نقل الجليد بالسفن إلى السافانا، نلاحظ أن خبرتنا المكتسبة في مجال التبريد قد ساعدت على إعادة تنظيم توطّن البشر في كافة أرجاء الكوكب، وجلب ملايين الأطفال حديثي الولادة إلى هذا العالم. يبدو الجليد للوهلة الأولى أنه تقدم تكنولوجي بسيط: شيءٌ ترفيٌّ كماليّ، وليس ضرورة. مع ذلك، يبدو تأثيره على مدى القرنين الفائتين مذهلًا، عندما ننظر إليه نظرة متعمّقة: بدءًا من التحوّل العميق الذي جرى في مشهد السهول العظيمة في الولايات المتحدة، إلى الحيوات الجديدة ونماذج الحياة التي نشأت من خلال تقنية الأجنّة المجمّدة، وصولًا إلى المدن الضخمة وهي تزدهر في الصحراء.

الفصل الثالث

الصوت

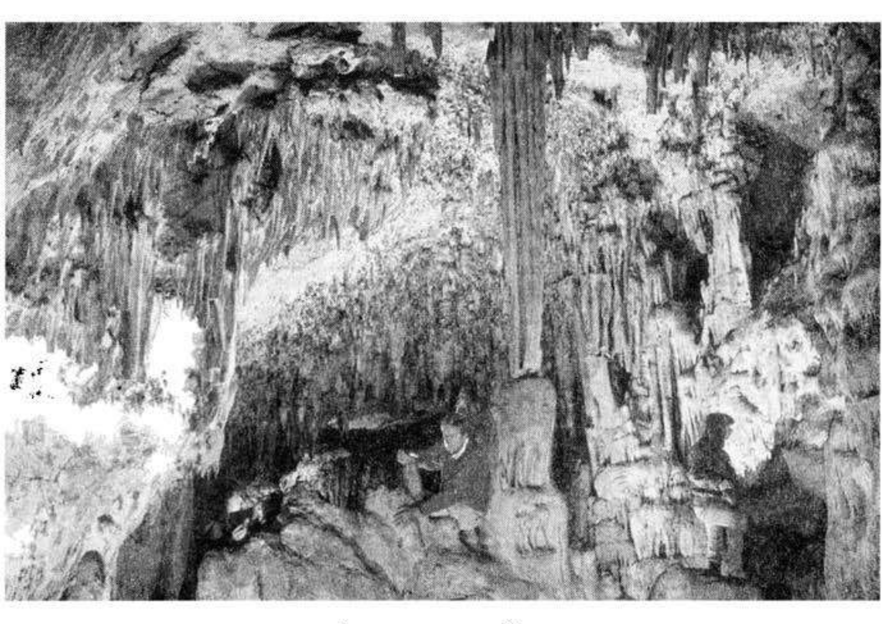
منذ حوالى مليون سنة تقريبًا، تراجعت المياه التي كانت تملأ الحوض الذي يحيط بباريس العصر الحديث، مخلّفةً حلقة من ترسّبات الحجر الكلسي كانت يومًا ما حيْدًا مرجانيًا بحريًا يضج بالحياة. مع مرور الوقت، نَحَتَ نهر كيور في منطقة «بيرغندي» مساره ببطء عبر بعض من ترسّبات الحجر الكلسي تلك، مما أدى إلى نشوء شبكة من الكهوف والأنفاق التي زيّنتها في النهاية الصواعد والنوازل المتشكّلة بواسطة مياه الأمطار وثاني أوكسيد الكربون. تشير الاكتشافات الأركيولوجية أن إنسان النياندرتال والإنسان الحديث استعملوا الكهوف كملاجئ ولإقامة الطقوس على مدى عشرات الآلاف من السنين. في بداية العقد الأخير من القرن الماضي، اكتُشِفت مجموعة ضخمة من الرسوم القديمة على جدران مجمّع من الكهوف في «آرسي-سور-كيور «Arcy-sur-Cure: أكثر من مائة صورة لحيوانات البايسون[1]، الماموث الصوفي، الطيور، الأسماك - والأكثر غرابة أن هذه الصور تضمّنت صورًا لبصمة يد طفل. بيّنت تقنية تحديد العمر بالقياس الإشعاعي أن عمر هذه الرسوم هو ثلاثين ألف عام. ويُعتقد بأنه لا يوجد في فرنسا أقدم من هذه الرسوم سوى اللوحات الموجودة في «شاوفت Chauvet»، جنوب فرنسا.

يشار إلى رسومات الكهوف تقليديًا، ولأسباب مفهومة، على أنها دليل

(1) بايسون Bison: حيوان من عائلة الجاموس. المترجم.

على دافع بدائي لدى الإنسان نحو تمثيل العالم من حوله بالصور. قبل عصور على اختراع السينما، كان أسلافنا يتجمعون في المغاور المضاءة بالنار ويحدِّقون في الخيالات المتراقصة على الجدار. ولكن ظهرت في السنوات الأخيرة نظرية جديدة حول استعمال الإنسان البدائي لكهوف «بيرغوندي»، نظرية ركّزت على الأصوات بدلًا من التركيز على الصور المرسومة على هذه الممرات تحت الأرضية.

بعد عدة سنوات من اكتشاف الرسوم في «آرسي-سور-كيور»، بدأ عالِم في موسيقى الأجناس البشرية من جامعة «باريس» يدعى إيغور ريزنيكوف بدراسة الكهوف بنفس الطريقة التي يتفحصها فيها الخفاش: عن طريق الاستماع إلى الأصداء والارتدادات الصوتية التي تتردّد في أجزاء مختلفة من مجمَّع الكهوف. لقد كان واضحًا منذ زمن أن الصّور التي رسمها إنسان نياندرتال كانت متجمّعة في أجزاء محدّدة من الكهف، كما وُجدت بعض هذه الصور أكثر كثافة وتزيينًا على عمق أكثر من كيلومتر داخل الكهف. اكتشف ريزنيكوف أنّ هذه الرسومات تموضعت دائمًا في الأجزاء الأكثر أهمية من حيث ارتداد الصوت، لقد كانت موجودة في أجزاء الكهف التي كان ارتداد الصوت فيها عميقًا. إذا ما أصدرَ المرء صوتًا عاليًا قرب الرسوم الممثلة لحيوانات العصر الحجري الموجودة في النهاية البعيدة لكهوف «آرسي-سور-كيور» فإنك ستسمع سبع أصداء مميزة لصوتك. وتستغرق الارتدادات الصوتية حوالى 5 ثوانٍ لتتلاشى بعد توقّف صوتك عن الاهتزاز. إذا ما نظرنا إلى هذا التأثير من وجهة نظر علم الصوتيات فإننا سنجده مشابهًا لتقنية «جدار الصوت» التي استعملها نيل سبيكتر على الأسطوانات التي أنتجها في ستينات القرن العشرين لفنانين من أمثال الرونيتيز وتينا تيرنر. في نظام سبيكتر للصوتيات، نُقِلت الأصوات المسجلة عبر غرفة في القبو مملوءة بمكبرات صوت وميكروفونات أنتجت صدىً صناعيًا ضخمًا. في حالة كهف «آرسي-سور-كيور» نتج مثل هذا التأثير عن بيئة الكهف الطبيعية.



اكتشاف كهف أركي-سو-كيور، أيلول 1991

وفقًا لنظرية ريزنيكوف، كانت مجموعات من إنسان النياندرتال تتجمّع بجانب الصور التي رسموها ويصدحون بأغانٍ على شكل شبيه بتراتيل كنَسية، مستفيدين من ارتدادات الكهف من أجل التضخيم الساحر للأصوات الصادرة عن غنائهم. (كذلك اكتشف رينزيكوف نقطًا حمراء صغيرة مرسومة عند أجزاء أخرى من الكهف تميّزت بالغِنى الصوتي). لم يكن ممكنًا لأسلافنا تسجيل الأصوات التي كانوا يختبرون سماعها بنفس الطريقة التي سجلوا فيها تجربتهم المرئية للعالم عن طريق الرسم. ولكن إذا ما كان ريزنيكوف مُصيبًا، فإن هؤلاء البشر الأوائل كانوا يجرّبون شكلًا بدائيًا من هندسة الصوت: عن طريق تضخيم وتعزيز أكثر الأصوات جمالًا: صوت الإنسان.

إن المَيل إلى تضخيم الصوت البشري، ومن ثمّ إعادة إنتاجه

سيمهّدان الطريق مع مرور الوقت إلى سلسلة من الفتوحات الاجتماعية والتكنولوجية: في مجال الاتصالات، العمليات الحسابية، السياسية، والفنون. نحن نتقبّل بسهولة فكرة أن العلم والتكنولوجيا قد حسّنا من قدرتنا على الرؤية لدرجة استثنائية: بدءًا من النظّارات المقرِّبة وصولًا إلى تلسكوبَي كيك[1]. ولكن حبالنا الصوتية، وهي تهتز أثناء الحديث أو في أغنية، أصبحت هي الأخرى أكثر قوة باستعمال وسائل صناعية. غَدتْ أصواتنا أكثر صخبًا، بدأتْ بالسفر عبر أسلاك مستلقية في مهد المحيطات، تمكّنتْ من الهرب من ارتباطها بالأرض وبدأت بالقفز والارتداد من قمر صناعي إلى آخر. حدثت معظم الثورات الأساسية في مجال البصريات بين عصري النهضة والتنوير: نظارات، مجاهر، تلسكوبات: رؤية واضحة، الرؤية لمسافة بعيدة، ورؤية الأشياء القريبة جدًا. في حين لم نتوصّل إلى تقنيات الصوت بشكلها الحقيقي حتى أواخر القرن التاسع عشر. وعند التوصّل إليها، غيرت تقريبًا كل شيء. ولكن لم تبدأ هذه التقنيات بتضخيم الصوت. تمثّل أول اختراق (إنجاز) عظيم في مجال هوَسنا بالصّوت البشري بفعل بسيط هو كتابة الصوت.

بعد اجتماع مغنّيّ إنسان *النياندرتال* في الجزء المُصْدِر للصدى من كهف «بيرغوندي»، بقيت فكرة تسجيل الصوت على مدى آلاف السنين أقرب إلى الخيال. صحيحٌ أننا على امتداد تلك الفترة صقلنا فن تصميم الفضاءات الصوتية من أجل تضخيم أصواتنا وأصوات آلاتنا الموسيقية: ففي نهاية المطاف، جاء تصميم كاتدرائيات العصور الوسطى تعبيرًا عن هندسة الصوت بقدر ما كان خلقًا لخبرات بصرية ملحَميّة. ولكن أحدًا

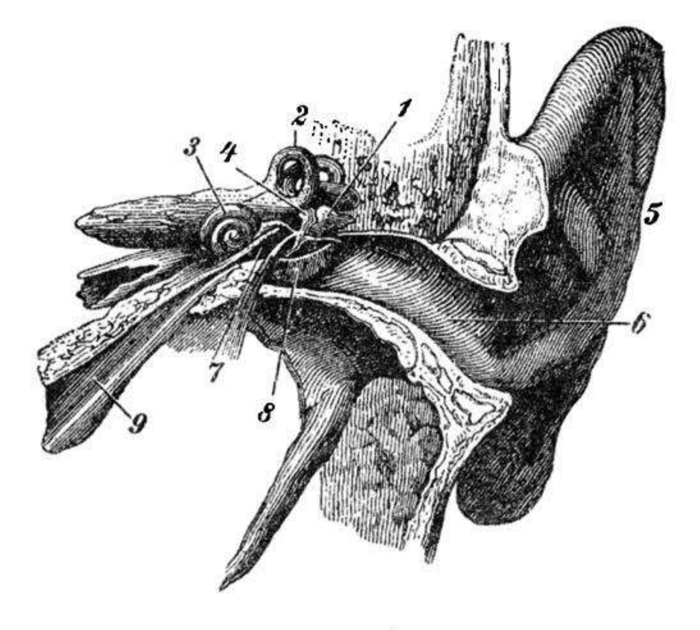
---

(1) تيليسكوبَي كيك keck Telescopes: هي محطة رصد فضائي مؤلفة من تلسكوبين على ارتفاع 4145 مترًا، عند قمة موناكيا في هاواي. يعرض كل واحدٍ من هذين التليسكوبين مرآةً أساسيةً بقطر 10 أمتار، ويعدّان حاليًا من أضخم التلسكوبات المستعملة. المترجم.

لم يتخيّل التقاط الصوت وأسْره مباشرة. لقد كان الصوت أثيريًا، ولم يكن ملموسًا. أفضل ما كان يمكنك فعله هو تقليد الأصوات باستعمال صوتك البشري أو الآلات الموسيقية.

لقد دخل علم تسجيل الصوت البشري منطقة «الحيّز المجاور للممكن» فقط بعد تحقيق تطورَيْن مفتاحيَّين: الأول في مجال الفيزياء والثاني في مجال علم التشريح. منذ حوالى 1500 عام، بدأ العلماء العمل على أساس أن الصوت ينتقل عبر الهواء في موجات غير مرئية (بعد ذلك بفترة قليلة اكتشفوا أن هذه الموجات تنتقل في الماء أسرع بأربع مرات من انتقالها في الهواء، وهذه حقيقة مثيرة للفضول لم تتّضح فائدتها إلا بعد مضيّ أربعة قرون أخرى). مع حلول عصر التنوير، ظهرت رسوم تفصيلية للبنية الأساسية لأذن الإنسان في كتب التشريح المفصّلة، مُسجِّلةً الطريقة التي تتوجّه فيها موجات الصوت داخل قناة السمع، محفِّزة بذلك اهتزازات في طبلة الأذن. في خمسينات القرن التاسع عشر، عثر عامل الطباعة الباريسي إدوارد-ليون سكوت دي مارتنفيل بالصدفة على واحد من كتب التشريح تلك، مما حرّض لديه هواية الاهتمام ببيولوجيا وفيزياء الصوت.

كان سْكُوت كذلك طالبًا يتعلم الكتابة المختزَلة؛ وكان قد أصدر كتابًا حول تاريخ الكتابة المختزَلة قبل أن يبدأ التفكير بالصوت بسنوات عدة. في ذلك الوقت، كانت الكتابة المختزَلة هي الشكل الأكثر تطورًا لتقنية تسجيل الصوت في العالم، لم يكن هناك أي نظام قادر على تسجيل الكلام المنطوق بدقّة وسرعة عاليتين أكثر من شخص مدرَّب على الكتابة المختزَلة. ولكن عندما كان سكوت يتأمل تلك الرسومات التفصيلية للأذن الداخلية، بدأت فكرة جديدة تتشكل في ذهنه. فكّر أنه ربما كان ممكنًا أتْمَتة عملية نسخ الصوت البشري. فبدلًا من أن يكتب الإنسان الكلمات، قد تتمكّن آلةٌ ما من كتابة موجات الصوت.



الأذن البشرية

في آذار من العام 1851، قبل أن يخترع توماس *إديسون* الفونوغراف بعقدَيْن، منح مكتب البراءات الفرنسي سْكوت براءة اختراع لآلة تسجيل الصوت. وجّهت أداة سْكوت الغريبة الصوت عبر جهاز يشبه البوق وينتهي بغشاء، أو ما يدعى بالرُّق. ولّدت موجات الصوت اهتزازات في الرقّ، لتنتقل هذه الاهتزازات بعد ذلك إلى إبرة تسجيل مصنوعة من شعر الخنزير. تقوم إبرة التسجيل بحفر موجات الصوت على صفحة مسوَّدة بسخام (كربون) المصابيح. وقد سمّى سكوت اختراعه الفونوتوغراف: الكتابة الذاتية للصوت.

قد لا يحتوي تاريخ الاختراعات على حالةٍ اختلط فيها بُعد النظر وقِصَره أغرب من حالة الفونوتوغراف. فمن ناحية أولى، نجح سْكوت في تحقيق قفزة تخيّلية بارعة -عندما تخيّل أنه يمكن سحب الموجات

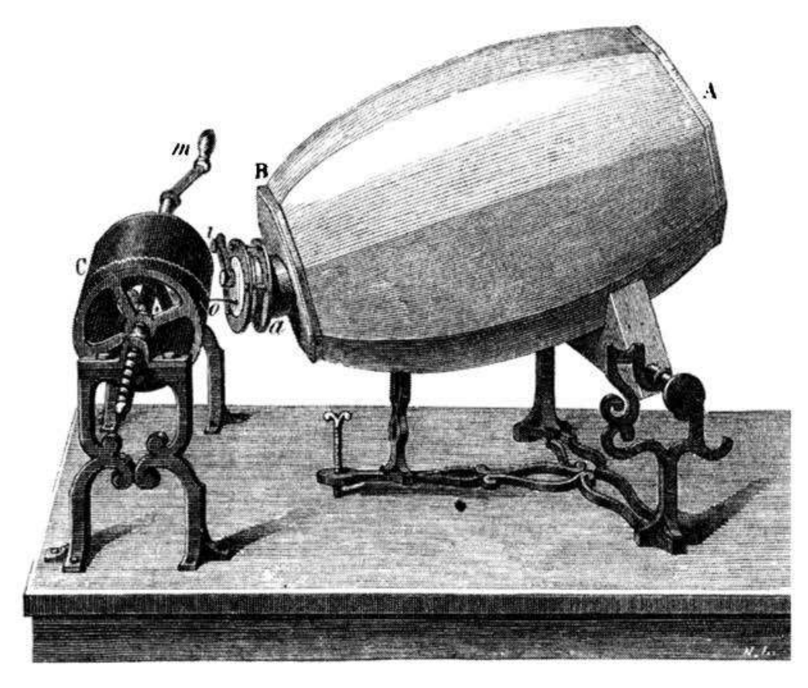
الصوتية من الهواء وحفرها على سطح للتسجيل- وتم ذلك قبل أن يتوصّل إلى هذه التقنية أي من المخترعين والعلماء بعقد كامل. (عندما تتقدّم على إديسون بعقود، فتأكد أنك تقوم بعمل جيد). ولكن اختراع سْكوت عانى من نقصٍ مضحك جعله عاجزًا عديم الفائدة. فقد اخترع أول آلة لتسجيل الصوت في التاريخ، ولكنه نسِيَ أن يضمِّنها ميزة تكرار الاستماع للأصوات المسجَّلة.

في الحقيقة إن كلمة «نَسِيَ» مبالغ فيها بعض الشيء. قد يبدو جليًا لنا الآن أن أي آلة لتسجيل الصوت يجب أن تتضمّن ميزة إعادة الاستماع التي تمكّنك من الاستماع إلى ما قمت بتسجيله. بيد أن اختراع الفونوتوغراف بدون احتوائه على ميزة إعادة الاستماع للصوت هو بمثابة اختراع السيارة، ولكن مع نسيان تضمينها الجزء الذي تدور حوله العجلات. ولكن مردَّ هذه النظرة يعود إلى أننا نحكم على عمل سكوت بمنظار زمننا الحالي. لم تكن حينها فكرة أنه يمكن للآلات أن تنقل موجات الصوت التي تنشأ في مكان آخر سوى فكرة حَدْسية؛ لم تصبح ميزة إعادة الاستماع للتسجيل قفزة واضحة يمكن تحقيقها إلا بعد أن تمكّن ألكسندر غراهام بِل من إعادة إنتاج موجات الصوت في نهاية خط الهاتف. بطريقة ما، كان على سْكوت إدراك نقطتين مبهمتين في غاية الأهمية، فكرة أنه يمكن تسجيل الصوت وفكرة أنه يمكن إعادة تحويل هذه التسجيلات من جديد إلى موجات صوتية. تمكّن سْكوت من إدراك الفكرة الأولى، ولكنه لم يتمكّن من إدراك الفكرة الثانية. لا يمكن القول إنه نسي أو أخفق في تنفيذ عملية إعادة الاستماع للصوت، بل إن الفكرة لم تخطر على باله أبدًا.

إن لم تكن إعادة الاستماع للصوت المسجَّل جزءًا من خطة سْكوت، فما الذي جعله يفكر في صناعة الفونوتوغراف أساسًا؟ ما هي فائدة آلة تسجيل لا يمكنها تشغيل الإسطوانات المسجَّلة؟ نحن هنا أمام حالة



إدوار ليون سكوت دي مارتنفيل، كاتب فرنسي ومخترع جهاز الفوناتوغراف



فوناتوغراف حوالي عام 1857

اعتماد لمفاهيم سائدة واستعارة لأفكار سائدة في مجالات محدّدة ومحاولة تطبيقها في سياق آخر جديد. لقد استقى سْكوت فكرة تسجيل الصوت من المفهوم المجازي للكتابة الاختزالية، وفكّر بأن يكتب الموجات بدلًا عن الكلمات. لقد مكّنه هذا المفهوم من القيام بالقفزة الأولى، قبل أقرانه بسنوات، ولكنّه ربما يكون قد منعه أيضًا من القيام بقفزته الثانية. فمجرّد تحويل الكلمات إلى شيفرة الكتابة الاختزالية يجعل من الممكن فك شيفرة المعلومات المسجّلة عن طريق هذه الكتابة من طرف قارئ يفهم هذه الشيفرة. وقد ظن سكوت أن الشيء نفسه سيحدث في حالة الفونوتوغراف الذي صنعه.

إذا ما أعدنا النظر في هذه الفكرة، سنجد أنها لم تكن مجنونة، لقد

برهن البشر على قدرتهم على تمييز الأشكال البصرية؛ نحن (نختزن) الأحرف الأبجدية في ذاكرتنا بشكل جيّدٍ جدًا إلى درجة تجعلنا لا نحتاج إلى التفكير في عملية القراءة بمجرّد تعلّمنا لها. فلماذا ستكون موجات الصوت مختلفة عن الكلمات بمجرد تمكّننا من وضعها على صفحة.

من المؤسف أن قدرات الجهاز العصبي لدى البشر لا تتضمّن المقدرة على قراءة موجات الصوت عن طريق الرؤية. لقد مضى مائة وخمسون عامًا على اختراع سْكوت، وتمكّنا من إتقان فن وعلم الصوت إلى درجة كانت ستدهش سكوت لو كان موجودًا الآن. مع ذلك لم يتمكّن أي شخص منا من تعلم التعبير بصريًا عن الكلمات المحكية الكامنة في موجات الصوت المطبوعة. لقد كان رهان سكوت رائعًا، ولكنه كان خاسرًا في النهاية. كي نتمكّن من فك شيفرة الصوت المسجَّل، توجّب علينا تحويلها ثانية إلى صوت، بحيث نتمكّن من فكّها عن طريق الأذن (طبلة الأذن) وليس عن طريق شبكية العين.

صحيح أننا لا نملك القدرة على قراءة أشكال الموجات، ولكننا لم نَعدَم الوسيلة تمامًا: فبعد مضيّ قرن ونصف القرن على اختراع سكوت، نجحنا في اختراع آلة يمكن لها «قراءة» الصور المرئية للموجة الصوتية وتحويلها ثانية إلى صوت: هذه الآلة هي الكومبيوتر. منذ سنوات عدة اكتشف فريق من مؤرّخي الصّوت وهم دافيد جيوفانوني، باتريك فيستر، ميغان هينسي وريتشارد مارتن كنزًا ثمينًا من أجهزة الفونوتوغراف التي صنعها سكوت في أكاديمية العلوم في «باريس»، بما فيها جهاز صُنعَ في نيسان 1860 محفوظًا بحالة رائعة الجودة: مسح جيوفانيوني وزملاؤه ضوئيًا الخطوط الباهتة غير المنتظمة التي كانت قد حُفِرت في كربون (سخام) المصابيح المطلي على سطوح منذ عهد لنكولن. قاموا بتحويل صور المسح الضوئي لهذه الخطوط إلى شكلٍ موجيٍّ رقميٍّ ثم استمعوا إليها باستعمال مكبرات الصوت في الكومبيوتر.

في البداية ظنّوا أنهم كانوا يستمعون إلى صوت أنثوي يغني أغنية فولكلورية فرنسية «Au clair de la lune»، ولكنهم أدركوا في ما بعد أنهم كانوا يشغلون المقطوعة السمعية على سرعة هي ضعف السرعة التي سُجِّلت عليها الأغنية. ولدى تخفيض سرعة التشغيل إلى السرعة المناسبة، سُمِع صوت رجل من بين القرقعة والهسهسة: لقد كان *إدوارد-ليونيل مارتفيل* يصدح من قبره.

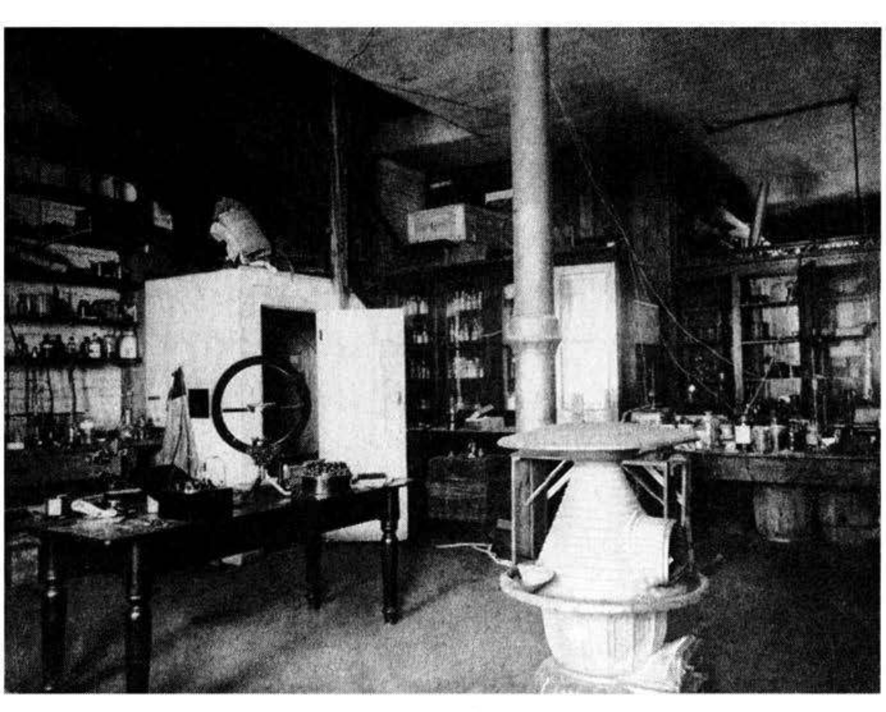
ويمكنكم أن تتصوّروا كم كانت نوعية هذا التسجيل سيئة، حتى عندما جرى تشغيله على السرعة المناسبة. لقد طغى الضجيج العشوائي لآلة التسجيل على صوت سكوت في معظم المقطوعة المسجَّلة. إلا أن هذا الفشل الواضح بحد ذاته يؤكد الأهمية التاريخية لهذا التسجيل. حيث ستغدو الهسهسة الغريبة وتلاشي الإشارات الصوتية شيئًا شائعًا خَبِرَته آذان المستمعين خلال القرن العشرين. ولكن لا وجود لهذه الأَصوات في الطبيعة. إذ يمكن أن تخفت الموجات الصوتية في البيئات الطبيعية كما يمكن أن تتشكل أصداء لها أو أن تُضغط، إلا أنها لا تتكسّر إلى ضجيج ميكانيكي. إن صوت التشويش هو صوت حديث. كان سكوت هو أول من التقطه، مع أنه لم يكن ممكنًا الاستماع إليه إلا بعد مضي قرن ونصف على تسجيله.

ولكن يبدو أن الجانب المفقود في عمل سكوت لم يكن عَقبة لا يمكن تجاوزها. فبعد مضيّ خمسة عشر عامًا على اختراع الفونوتوغراف، اختبره أحد الباحثين بعد أن عدّل في تصميمه الأصلي مضيفًا إليه أُذُنًا حقيقية مأخوذة من جثة وذلك بغية مساعدته على فهم آلية السمع. وعثر من خلال تعديله هذا على طريقة لالتقاط الصوت ونقله. لقد كان اسم هذا الباحث *ألكسندر غراهام بِل*.

يبدو أن تكنولوجيا الصوت، ولأسباب غير معروفة، تحرّض نوعًا غريبًا من فقدان السمع لدى معظم روّادها. كلما أتت وسيلة جديدة

لمشاركة الصوت أو نقله بطريقة جديدة، ومرة تلو الأخرى، كان مخترعوها يجدون صعوبة في تخيل الطريقة التي ستستعمل فيها. عندما اخترع إديسون الفونوغراف (الحاكي) عام 1877، تخيل بأنه سيُستعمل بشكل روتيني في إرسال رسائل صوتية عن طريق البريد، بأن يقوم الأشخاص بتسجيل رسائلهم على خطوط الشمع الحلزونية لأسطوانة الحاكي، وترسل بالبريد، ثمّ يتم الاستماع إليها بعد أيام. بعد اختراع غراهام بِل للهاتف، وقع في سوء تقدير معاكس تمامًا لما قدره إديسون فيما يتعلق بالاستعمال المحتمل للهاتف: لقد تصوّر أن الاستعمالات الأساسية للهاتف ستتمثّل في كونه وسيط لتبادل الموسيقى الحيّة: تجلس فرقة أوركسترا أو مغنٍ في إحدى جهات خط الهاتف ويجلس المستمعون ليستمتعوا بالصوت الوارد من خلال الهاتف في الجهة الثانية. وهكذا جاء تصور المخترعَيْن الخارقَيْن على عكس ما حصل تمامًا في الواقع. فقد انتهى الأمر باستعمال الناس للحاكي للاستماع للموسيقى والهاتف للتواصل مع الأصدقاء.

إن الهاتف، كوسيط للتواصل، هو أشبه ما يكون بشبكة للتواصل بين فردَيْن تقدّمها خدمة البريد. وفي عصر وسائط الميديا المختلفة التي سادت مؤخرًا، تشكّل منصات التواصل الجديدة وسط تواصلٍ ضخم يكون فيه المستهلكون مجرد جمهور سلبي لا تفاعلي. في حينَ شكّل نظام الهاتف الطراز الأكثر حميمية للتواصل بين شخص وآخر، وليس بين شخص وعدة أشخاص، واستمر ذلك لمئات السنين إلى أن سادت خدمة البريد الإلكتروني. لقد كانت نتائج اختراع الهاتف عظيمة ومتنوّعة. فقد قرّبت الاتصالات الدولية مناطق العالم بعضها من بعض أكثر، بالرغم من ضعف الخطوط التي كانت تصلنا ببعضنا. جرى مدّ أول خط عابر للمحيطات عام 1956، مما مكّن المواطنين العاديين من الاتصال بين أمريكا الشمالية وأوروبا العام 1956. وقد سمح هذا النظام



مخبر المخترع أليكساندر غراهام بِل
الذي جرب فيه نقل الصوت بواسطة الكهرباء، 1886

في هيكليته الأولى بتبادل أربع وعشرين مكالمة في آن واحد. وكانت تلك هي سعة الحزمة الكليّة المتوفّرة لإجراء محادثة صوتية بين قارتَيْن. من المثير للاهتمام، أن الهاتف الأكثر شهرة في العالم - «الهاتف الأحمر» والذي كان يؤمّن خطًا ساخنًا بين البيت الأبيض والكرملين- لم يكن هاتفًا على الإطلاق لدى نشأته الأولى. فلدى تأسيسه الذي تلا الإخفاق في الاتصالات الذي كاد أن يوقعنا في حرب نووية أثناء أزمة الصواريخ الكوبية، كان الخط الساخن في الحقيقة جهاز إبراق كاتب (مبرقة كاتبة) أمّن إرسال برقيات سريعة وآمنة بين القوى. فقد اعتِبرت المكالمات الصوتية مخاطرة كبيرة، إذا ما أخذنا في الاعتبار صعوبات

الترجمة الفورية. كذلك، قاد الهاتف إلى حدوث تحوّلات أقل وضوحًا. فقد أشاع المعنى الحديث لكلمة «هلو» -وهي التحيّة التي تبدأ بها المحادثة- وحوَّلها إلى واحدة من أكثر الكلمات تميزًا وتداولًا على سطح الأرض. أصبحت مقاسم الهاتف واحدة من أكثر أنواع المهن التي أقبلت النساء عليها. (وظّفت شركة AT&T منفردة 250,000 امرأة في أواسط الأربعينات). ادَّعى مدير تنفيذي في AT&T يدعى جون جي كارتي العام 1908 أن تأثير اختراع الهاتف في بناء ناطحات السحاب يعادل دور اختراع المصاعد الكهربائية.

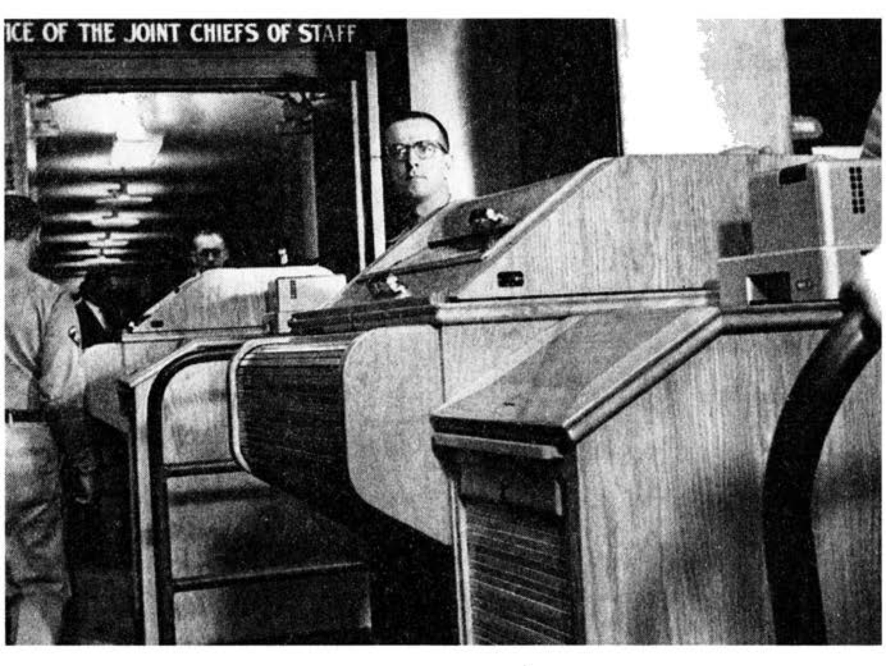
قد يبدو مضحكًا القول إن *غراهام بِل* ومن خَلَفه هم مؤسّسو فن العمارة التجارية الحديثة - ناطحات السحاب. ولكن مهلًا، انظر إلى مبنى «سنغر»، مبنى «الفلاتيودون»، مبنى «برود إكستشينج»، مبنى «ترينيتي»، أو أيّ من أبنية المكاتب العملاقة. ما هو عدد الرسائل التي تعتقد بأنها تدخل وتخرج من هذه الأبنية يوميًا؟ لنفترض أنه لم يكن لدينا الهاتف وأنه يجب أن تُنقل كل رسالة بواسطة مراسل شخصي. ما هي المساحة التي كان يفترض أن تترك من هذه الأبنية من أجل المصاعد الضرورية لنقل هذه الرسائل؟ إن هذه الأبنية ستكون استحالة اقتصادية لولا وجود الهاتف.

ولكن الإرث الأكثر أهمية للهاتف يكمن في منظومة غريبة ورائعة نشأت عنه. إنها مخابر بِل، وهي المؤسسة التي ستلعب دورًا مهمًا في تخليق *كل* تكنولوجيا أساسية طوِّرت خلال القرن العشرين -الراديو، الأنابيب المفرغة (المنتجة للإلكترونات)، الترانزستورات، التلفزيونات، الخلايا الشمسية، الكابلات متّحدة المحور، أشعة الليزر، المعالجات الدقيقة microprocessors، الكومبيوترات، الهواتف الخلوية، الألياف

الزجاجية- تنحدر جميع هذه الأدوات الضرورية للحياة الحديثة من أفكار خُلِّقت أساسًا في مخابر بِل. ولم تأتِ تسمية مخابر بِل باسم «مصنع الأفكار» عبثًا. لم يكن السؤال المثير حول مخابر بِل هو ما الذي اخترعته هذه المخابر؟ (والجواب على هذا السؤال بسيط: تقريبًا كل شيء)؛ وإنما السؤال الحقيقي هو لماذا تمكّنت مخابر بِل من تخليق هذا الكم من إنجازات القرن العشرين؟

يُظهر التاريخ الكامل لمَخابر بِل، بحسب كتاب مصنع الأفكار لكاتبه جون غيرتنر، أسرار النجاح المنقطع النظير لهذه المخابر. لم يكمن سرّ النجاح فقط في تنوّع المواهب، وتحمُّل الفشل، والاستعداد للتصدي لرهانات كبرى - وهي جميعها صفات تشاركت فيها مخابر بِل مع مخبر إديسون في ساحة «فيلو» ومخابر أبحاث أخرى في العالم. بل يتعلّق سرّ نجاح مخابر بِلْ بشكل كبير بقانون منع الاحتكار بقدر ما يتعلّق بالعباقرة الذين عملوا فيها.

يعود بدء الخلاف بين الحكومة الأمريكية وشركة AT&T، بسبب احتكار هذه الأخيرة لخدمة الهاتف في عموم البلاد، إلى العام 1913. لقد كان ذلك، في الحقيقة، احتكارًا لا يمكن إنكاره. فإذا ما قمتَ بأي اتصال هاتفي في أي مكان من الولايات المتحدة خلال الفترة بين 1930 و1984، فإنك ستستعمل شبكة AT&T حصرًا. إن قوة احتكار هذه الشركة جعلت أرباحها ضخمة، حيث لم تواجه أي منافسة تُذكر. ولكن AT&T نجحت، على مدى سبعين عامًا، في إبقاء المنظّمين على الحياد عن طريق إقناعهم بأن شبكة الهاتف هي «بطبيعتها حصرية» وأنّ هذه الحَصْرية ضرورية. لقد كانت شبكات الهاتف التناظرية معقّدة جدًا إلى درجة أنه لا يمكن تشغيلها من قِبَل مجموعة من الشركات المتنافسة؛ إذا ما أراد الشعب الأمريكي الحصول على شبكة هاتف يُعَوَّل عليها، فهي بحاجة إلى أن تُشغَّل من قبل شركة واحدة منفردة. في النهاية،



موظفون يركبون "الهاتف الأحمر" الخط الساخن العبقري الذي ربط البيت الأبيض بقصر الكرملين خلال الحرب الباردة- البيت الأبيض- العاصمة واشنطون- 30 أغسطس 1963

توصّل محامو منع الاحتكار في وزارة العدل إلى تسوية مثيرة تم التوقيع عليها في العام 1956، يُسمح بموجبها لـAT&T بالإبقاء على احتكارها لخدمة الهاتف، ولكن شريطة أن يُرخَّص من دون مقابل لأي شركة أمريكية الحصول على أي اختراع مرخَّص نشأ في مخابر بِل، وترى تلك الشركة الأمريكية أن هذا الاختراع مفيدٌ لها، وأن تُرخِّص أية براءة اختراع جديدة لمخابر بِلْ لقاء سعر معتدل. قالت الحكومة لشركة AT&T إنه يمكنها المحافظة على مرابحها، ولكن عليها التخلّي عن أفكارها في المقابل. لقد كانت اتفاقية فريدة، اتفاقية من غير المحتمل أن نراها تُبرَم ثانية. أعطت قوة الاحتكار للشركة تمويلًا إئتمانيًا غير محدود من

أجل إجراء الأبحاث، ولكن أصبح ممكنًا للشركات الأخرى تبنّي أي فكرة مثيرة تنشأ عن تلك الأبحاث مباشرة. في نهاية الأمر، يعود كثير من النجاح الأمريكي في مجال الإلكترونيات خلال فترة ما بعد الحرب -من الترانزيستورات إلى الكومبيوترات والهواتف الخلوية- إلى تلك الاتفاقية الموقّعة العام 1956. أصبحت مخابر بِلْ، بفضل إصرار القسم المسؤول عن منع الاحتكار، أغرب هجين في تاريخ الرأسمالية: آلة ربح ضخمة تعمل على تخليق أفكار جديدة جرى تعميمها على المجتمع لأهداف عملية. كان على الشعب الأمريكي أن يدفع ضريبة العِشر لـ AT&T من أجل الحصول على خدمة الهاتف، ولكن الاختراعات التي خلقتها AT&T كانت ملكًا لكل فرد.

لقد ظهر أحد الاختراقات التكنولوجية الذي أحدث تحوّلات عميقة في السنوات التي مهّدت لاتفاقية 1956. ولكن، ولأسباب مفهومة، لم يلقَ هذا الحدث أي انتباه، ولم تحدث الثورة التي ولّدها هذا الاختراق إلا بعد مضي نصف قرن، وكان مجرّد وجود هذا الاختراق سرًّا من أسرار الدولة، وكان التكتّم على هذا السر معادلًا للتكتم الذي صاحَبَ مشروع مانهاتن للقنبلة النووية. ولكنه مع ذلك كان علامة فارقة، ومرة ثانية، بدأ هذا الخرق التكنولوجي بالصوت البشري.

لقد قادنا الابتكار الذي كان منذ البداية سببًا في ولادة مخابر بِلْ -أي هاتف بِلْ- إلى تجاوز عتبة حاسمة في تاريخ التكنولوجيا: وهي أنّه أمكن للمرة الأولى التعبير عن أحد مكوّنات العالم الفيزيائي بواسطة الطاقة الكهربائية بطريقة مباشرة، حيث حَوَّلت المُبْرِقة (التلغراف) رموز وشيفرات من صنع الإنسان، إلى كهرباء، إلا أن الصوت ينتمي إلى الطبيعة والثقافة على حد سواء. يتكلّم شخص ما مستعملًا جهاز إرسال/ استقبال، مولّدًا موجات صوتية تتحوّل إلى نبضات كهربائية، وهذه تتحوّل بدورها إلى صوت في الجهة الأخرى التي تتلقّى المكالمة.

لقد كان الصوت، بطريقة ما، أولى حواسنا التي أمكن تحويلها إلى كهرباء (ساعدتنا الكهرباء في رؤية عالمنا بوضوح أكبر، ويعود الفضل في ذلك إلى المصابيح الكهربائية في الفترة نفسها، ولكنّها لم تمكّننا من تسجيل أو بثّ ما كنّا نراه إلا بعد مضي عقود على تلك الفترة). وعندما أصبح ممكنًا تحويل الأمواج الصوتية إلى كهرباء، أصبح بإمكانها السفر لمسافات شاسعة وبسرعة مذهلة.

ولكن، بقدر ما كانت تلك الإشارات ساحرة، إلا أنها لم تكن من دون ثغرات. فخلال انتقال هذه الموجات الصوتية بين مدينة وأخرى عبر الأسلاك النحاسية كانت عرضة للتبدّد، وفقدان الإشارة، والضجيج. ساعدت مضخّمات الصوت، كما سنرى، في التصدّي لهذه المشكلة، عن طريق تعزيزها الإشارات أثناء انتقالها عبر الخط (السلك النحاسي). ولكن، كان الهدف النهائي هو الحصول على إشارة نقية، شكل من التمثيل التام للصوت الذي لا يُنتَقَص أثناء انتقاله عبر شبكة الهاتف. من الملفت أن المسار الذي قاد في النهاية إلى تحقيق ذلك الهدف كان قد بدأ بهدف مختلف: لم يكن هذا الهدف الإبقاء على أصواتنا نقية، وانما الإبقاء عليها سِرِّية.

خلال الحرب العالمية الثانية: تعاون عالم الرياضيات الأسطوري آلان تورينغ مع أ. ب. كلارك من مخابر بِلْ لإنشاء خط اتصالات آمن، أعطي هذا الخط الاسم المُشَفَّر سيغسالي SYGSALY، والذي كان يحوّل موجات الصوت الناتجة عن كلام البشر إلى معادلات رياضية. سجل خط سيغسالي موجات الصوت بمعدل 20 ألف مرة في الثانية، ملتقطًا بذلك طول (سعة) وتردد الموجة الصوتية في تلك اللحظة. ولكنّ تسجيل الموجات لم يتم بتحويلها إلى إشارة كهربائية أو إلى أخدود على الشمع المغطي لأسطوانة. عوضًا عن ذلك حُوِّلت المعلومات المكوِّنة لموجة الصوت إلى أرقام، وشُفِّرت هذه المعلومات باستعمال لغة رقمية

زوجية مكوَّنة من الصفر والواحد. إن كلمة «تسجيل» هي في الحقيقة تسمية خاطئة للعملية. لقد أُطلِق على العملية مصطلح «أخذ العيّنات»، وهو المصطلح الذي غدا في ما بعد تعبيرًا شائعًا بين موسيقيي الهيب-هوب والموسيقى الإلكترونية. كانوا، فعليًا، يأخذون لقطات خاطفة للموجات الصوتية (صور صوتية) بمعدل عشرين ألف لقطة في الثانية، وكانت هذه اللقطات تُكْتب باللغة الرقمية «الصفر والواحد»، حصريًا وليس بالطريقة التناظرية. إن العمل بطريقة العيّنات الرقمية جعل نقلها بشكل آمن أمرًا أكثر سهولة: إن محاولة أي شخص التقاطها باستعمال إشارة تناظرية تقليدية لن يقوده سوى إلى سماع صفير من الضجيج الرقمي غير المفهوم. (أطلِق على سيغسالي الاسم المشَفَّر «الدبور الأخضر» وذلك لكون الصوت الصادر عن هذه المعلومات الخام أشبه ما يكون بطنين حشرة الدبّور). كذلك أمكن تشفير الإشارات الرقمية رياضيًا بشكل أكثر فاعلية من الإشارات التناظرية. وفي الوقت الذي تمكن فيه الألّمان من اعتراض وتسجيل عدة ساعات من بث سيغسالي لم يكن بإمكانهم أبدًا ترجمتها وفك شيفرتها.

طُوِّرت سيغسالي من قبل القسم الخاص في مؤسسة الإشارة العسكرية وأشرف عليها باحثون من مَخابر بِلْ، وقد بدأت العمل في 15 تموز 1943، بمكالمة تاريخية عابرة للمحيط بين البنتاغون ولندن. في بداية المكالمة، وقبل أن يتحوّل الحديث إلى المواضيع الأكثر إلحاحًا عن استراتيجية الجيش، قدّم الدكتور *أو إي* بكلي رئيس مخابر بِلْ ملاحظات استهلالية حول الخرق التكنولوجي الذي تمثله سيغسالي:

> نجتمع اليوم في واشنطن ولندن من أجل تدشين خدمة جديدة وهي المهاتفة السرية. إنه حدث ذو أهمية كبرى في عمليات الحرب، يمكن للآخرين المتواجدين هنا إدراكه وتقديره أكثر مني. وكإنجاز تقني، يتوجب عليَّ الإشارة إلى أنه يجب أن يُعَدَّ

من بين التطورات الأساسية في فن المهاتفة. وهو لا يمثل مجرد إحراز هدف بعيد المنال -السرية التامة في بث الهاتف والراديو- ولكنه يمثّل التطبيق العملي الأول لطرائق جديدة في البث الهاتفيّ تَعِد بأن يكون لها تأثيرات كبيرة.

على أي حال، فقد قلّل د. بكلي من أهمية هذه «الطرائق الجديدة». إذْ لم تكن سيغسالي مجرّد نقطة علام في عالم المهاتفة. بل كانت لحظة ولادة جديدة في تاريخ الإعلام والاتصالات بشكل عام: إذْ مكّنتنا من التعبير عن خبراتنا رقميًا للمرة الأولى. ستستمر التكنولوجيا المُشَغِّلة لسيغسالي مفيدةً في تأمين خطوط اتصالات آمنة. ولكن القوة المؤثّرة فعلًا التي أماطت هذه التكنولوجيا اللثام عنها ستتبدّى من خلال امتلاك هذه التكنولوجيا لميزة غريبة ومدهشة: يمكن للنسَخ الرقمية أن تكون حقيقية ومكتملة. مع توفر التجهيزات الملائمة، أصبح من الممكن بث التدوينات الرقمية للصوت ونسخها بأمانة تامة. ويعود كثير من التغيرات في المشهد الإعلامي الحديث -مثل التجديد في أعمال الموسيقى الذي بدأ بخدمة مشاركة الملفات مثل خدمة *نابستر* Napster، وبزوغ البث الإعلامي الحي، وانهيار شبكات التلفزة التقليدية- إلى انطلاق ذلك الطنين الرقمي للدبّور الأخضر.

إذا توجب على مؤرّخي الروبوت (الإنسان الآلي) المستقبليين تحديد لحظة بداية «العصر الرقمي» -المكافئة بأهميتها للرابع من تموز(عيد الاستقلال الأمريكي)، أو يوم سقوط الباستيل- فإن المكالمة الهاتفية التي أُجريت عبر المحيط في تموز من العام 1943 ستُعتبر بداية محتملة له. إذْ إنها عززت اندفاعتنا نحو إعادة إنتاج (نقل وتسجيل) الصوت البشري خارج حدود الممكن، إذ أصبحت هذه التسجيلات، وللمرة الأولى، تسجيلات رقمية.

لقد انتقلت التسجيلات الرقمية لسيغسالي عبر المحيط الأطلسي

بفضل إنجاز آخر في عالم الاتصالات ساعدت مخابر بِلْ في خلقه: موجات الراديو. صحيح أن موجات الراديو في وقتنا الحالي مشبَعة بصوت البشر الذين يتحدّثون أو يغنّون، إلا أن بدايتها لم تكن كذلك. فقد اقتصر أول بَثّ فعّال لموجات الراديو -حين أبدعها غوليلمو ماركوني مع عدد آخر من المخترعين الذين تزامنت اختراعاتهم إلى حد ما خلال العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر- اقتصر حصريًا على إرسال شيفرة المورس (أطلق ماركوني على اختراعه هذا اسم «الإبراق اللاسلكي»). ولكن لم يمض وقت طويل حتى بدأ المهنيون ومراكز الأبحاث بالتفكير في كيفية جعل الكلمات المحكية والأغاني تنساب عبر موجات الأثير.

كان لي دي فورست، واحدًا من هؤلاء، وكان واحدًا من ألمع المخترعين وأكثرهم غرابة خلال القرن العشرين. أثناء عمله في مختبَره المنزلي في «شيكاغو»، كان دي فورست يحلم بالجمع بين مبرقة ماركوني اللاسلكية وهاتف مخابر بِلْ. وبدأ سلسلة من التجارب على جهاز إرسال مزوّد بفجوة تفريغ الشرارة الكهربائية spark-gap، وهو جهاز يولِّد نبضة ساطعة أحادية من الطاقة الكهرومغناطيسية والتي يمكن التقاطها بواسطة هوائيات تبعد عنها أميالًا، وهي ملائمة بشكل تام لإرسال شيفرة مورس. في إحدى الليالي، وبينما كان دي فورست يعمل على توليد سلسلة من هذه النبضات، لاحظ حدوث شيء غريب في الغرفة: في كل مرة كان يولّد فيها شرارة كان لون لهب الغاز يتحوّل إلى الأبيض ويزداد حجمه. ظن دي فورست أن النبضة الكهرومغناطيسية تزيد، بطريقة ما، من حدة اللهب. لقد غرس لهب الغاز المتراقص بذرة فكرة جديدة في رأس دي فورست. وهي أنه يمكن بطريقة ما استعمال الغاز في تضخيم الاستقبال الضعيف لموجات الراديو، وقد يمكّن من تعزيز هذه الموجات وجعلها من القوة بحيث يمكن لها أن تحمل الكلمات المحكية الأكثر غنىً بالمعلومات وليس فقط النبضات

المتقطّعة لإشارة مورس. وقد كتب لاحقًا، بطريقته الفخمة المعهودة: «لقد اكتشفتُ إمبراطورية غير مرئية في الهواء، امبراطورية غير ملموسة وغامضة، ولكنها مع ذلك صلبة كالغرانيت».

بعد سنوات عدة من التجريب والخطأ، استقرّ رأي دي فورست على مصباح مملوءٍ بالغاز يحتوي على ثلاثة أقطاب مُشكَّلةٍ بطريقة دقيقة ومصمَّمة من أجل تضخيم الإشارات اللاسلكية القادمة. أُطلق على هذا المصباح اسم أوديون audion. وكآلة لإرسال الكلمات المحكية، كان الأوديون من القوة بحيث أمكنه نقل إشارات مفهومة. في العام 1910، استعمل دي فورست آلة راديو مجهَّزة بأوديون من أجل القيام بأول محاولة لبث الصوت البشري من على متن سفينة إلى الشاطئ. ولكن كان لدى فورست خططًا أكثر طموحًا لآلته. لقد تخيل عالمًا تُستعمل فيه تكنولوجياه اللاسلكية ليس لأغراض عسكرية وللاتصالات التجارية فحسب، وإنما من أجل المتعة الجماعية (متعة الشعب) - وبشكل خاص، من أجل جعل شغفه الخاص، الأوبرا، متاحًا لكل فرد. «أتطلع إلى اليوم الذي يمكن فيه جلب الأوبرا إلى كل منزل»، قال في حديث له مع جريدة النيويورك تايمز، وأضاف، بطريقة أقل رومانسية: «سيصبح ممكنًا في يوم من الأيام إرسال الإعلانات بطريقة لاسلكية».

في الثالث عشر من كانون الثاني العام 1910، وأثناء أداء أوبرا توسكا من قبل فرقة أوبرا ميتروبوليتان في «نيويورك»، ربط دي فورست سمّاعة (ميكروفون) هاتف في قاعة دار الأوبرا مع جهاز إرسال على السطح وذلك من أجل توليد أول بث إذاعي عام بشكلٍ حيّ. لاحقًا، كتب دي فورست، وهو أكثر المخترعين شِعريَّة، واصفًا تصوُّره لعملية البث: «ستمرّ موجة الأثير فوق أعلى الأبراج وبينها، وستكون هذه الأبراج غير مدركة للأصوات الصامتة التي تعبرها من الجهتين... وعند بث نغمات هذا اللحن الأرضي المحبَّب، سيصاب سامعها بالدهشة..

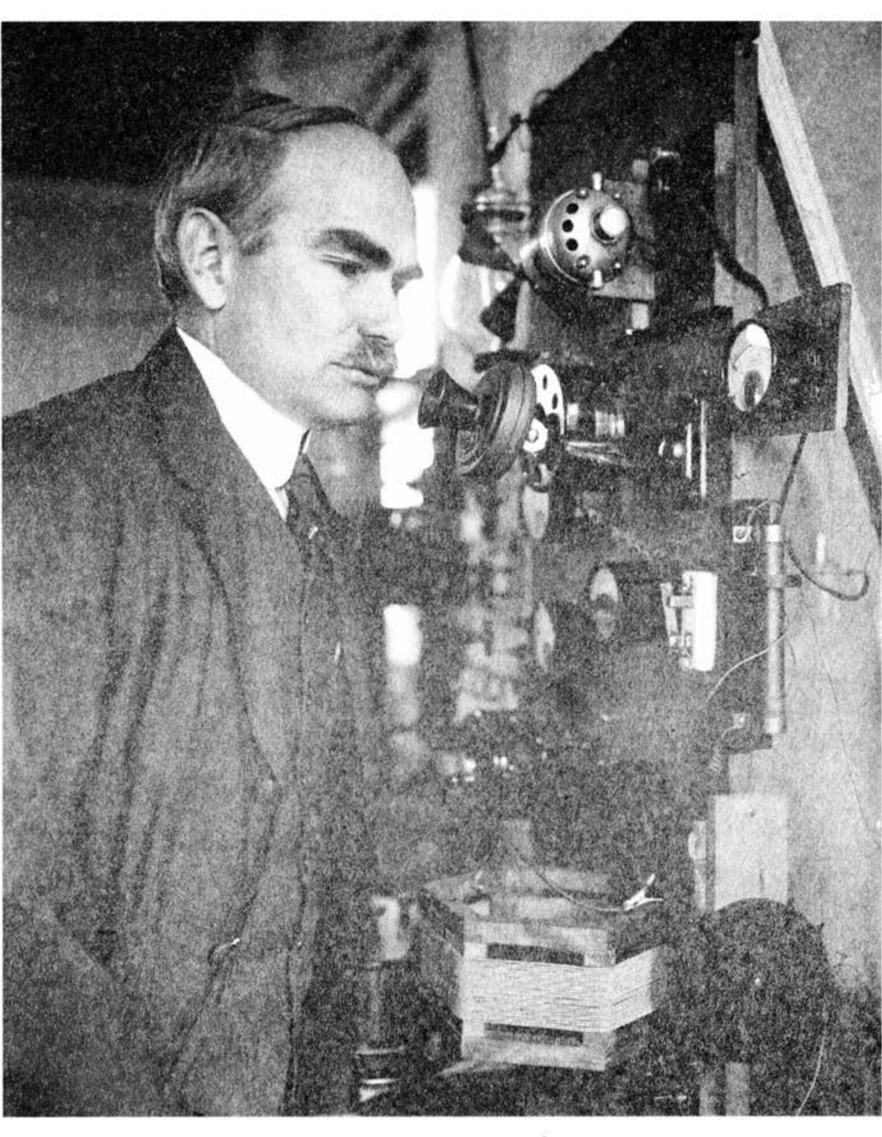
ولكن ويا للأسف، لم يُثِرْ أولُ بثٍّ الدهشة بقدر ما أثار السخرية. كان قد دعا حشدًا من الصحافيين والأشخاص المرموقين في المجتمع من أجل الاستماع إلى البث الإذاعي عبر مستقبلات وزّعها في أنحاء المدينة. كانت قوة الإشارة الواصلة ضعيفة جدًّا وسيئة، وكان ما سمعه الناس أقرب إلى طنين الدبّور الأخضر غير المفهوم منه إلى لحن أرضي محبَّب. وصفت صحيفة التايمز المغامرة «بالكارثة». كما تمّت مقاضاة دي فورست من قبل المحامي العام في الولايات المتحدة الأمريكية بتهمة الاحتيال متّهمًا إياه ببيع الأوديون بسعر أكبر من قيمته في سوق التكنولوجيا اللاسلكية، كما سُجِن لفترة قصيرة. وبسبب حاجته للسيولة المالية من أجل تغطية تكاليف المحاكمة باع دي فورست اختراع الأوديون في مزاد لشركة AT&T.

عندما بدأ الباحثون في مخابر بِلْ بحثهم حول أوديون اكتشفوا شيئًا عجيبًا: لقد أخطأ دي فورست خطأً فادحًا منذ البداية في معظم ما قام باختراعه. لم تكن هناك أية علاقة بين زيادة حجم لهب الغاز وبين الأشعة الكهرومغناطيسية. إن ما تسبّب في زيادة حجم اللهب هو موجات الصوت الناجمة عن الضجيج المرتفع الذي تسبّبت به الشرارة. لم يحدد الغاز ولم يضخم أي إشارة راديو على الإطلاق؛ في الحقيقة، إن الغاز جعل الجهاز أقل فاعلية.

ولكن، وبشكل ما، كان هناك خلف جميع الأخطاء التي ارتكبها دي فورست فكرة جميلة تنتظر رؤية النور. على مدى عقد كامل عدَّل مهندسو مَخابر بِلْ، وآخرون في أماكن أخرى، تصميم دي فورست الأساسي لجهازه ذي الأقطاب الثلاثة، وأزالوا الغاز من المصباح الذي ضمَّ هذه الأقطاب الثلاثة، بحيث تَشَكَّل تفريغ كامل للهواء داخل المصباح، مما حوَّله إلى جهاز بث واستقبال في آنٍ معًا. وكانت النتيجة ما يُعرف بالأنبوب المُفَرَّغ، أول ابتكار عظيم في ثورة الإلكترونيات، وهو جهاز

يقوي الإشارة الكهربائية لأي تكنولوجيا احتاجت إلى هذه الإشارات. إذْ إنّ التلفزيون، الرادار، آلات تسجيل الصوت، مضخّمات صوت الغيتار (أمبليفاير)، أجهزة الأشعة السينية، أفران الميكرويف، «المهاتفة السرية» لسيغسالي، أولى الكمبيوترات الرقمية - اعتمدت جميعها على الأنابيب المُفرَّغة. ولكن كان المذياع (الراديو) أول تكنولوجيا رئيسة جلبت الأنبوب المُفَرَّغ إلى داخل المنازل. لقد كان ذلك، بطريقة ما، تحقيقًا لحلم دي فورست: إذْ كان البث الإذاعي إمبراطورية لنقل الألحان المحبَّبة إلى غرف المعيشة داخل كل منزل وفي كل مكان. ولكن، ستحبط هذه الحوادث فعليًا، مرة أخرى، أمل دي فورست في تحقيق رؤيته. لقد كانت الألحان التي بُثَّت عبر هذه الأجهزة السحرية محبَّبة لكل من سمعها تقريبًا فيما عدا دي فورست نفسه.

بدأ الراديو حياته كوسيط بث ذي اتجاهين، بعكس تصوّر فورست له، وهي ممارسة ما زالت مستمرّة حتى يومنا هذا كما في هواية التخاطب باستعمال أجهزة الراديو اللاسلكية، أو ما يعرف باسم هام راديو Ham Radio: هواة أفراد يتحدّثون فيما بينهم عبر موجات الهواء، ويختلسون السمع أحيانًا على محادثات الآخرين. ولكن مع بداية العشرينات من القرن الماضي، تطوّر البث الذي سيسيطر على هذه التكنولوجيا. فبدأت محطّات بث محترمة بتقديم أخبار مُعَدّة وتسلية لمستهلكين يستمعون من خلال مستقبلات إذاعية (أجهزة راديو) في منازلهم. وبشكل فوري تقريبًا، حدث أمر غير متوقّع أبدًا: إذْ إنّ توفّر وسيط لنقل الصوت إلى جموع غفيرة قد أطلق العنان لنوع جديد من الموسيقى في الولايات المتحدة الأمريكية، موسيقى كانت حتى ذلك الوقت تقريبًا حكرًا على «نيو أورليانز»، وعلى المدن المحاذية للنهر في جنوب أمريكا، وأماكن إقامة الأمريكيين الأفارقة في المناطق المجاورة «لنيويورك وشيكاغو». وبين ليلة وضحاها تقريبًا، حوّل الراديو موسيقى الجاز إلى ظاهرة



لي دي فورست، مخترع أمريكي، في نهاية العشرينات من القرن الماضي

وطنية. أصبح موسيقيون من أمثال ديوك إلينغتون ولويس آرمسترونغ أسماء معروفة في كل منزل. بدءًا من أواخر العشرينات من القرن الماضي قدّمت فرقة إلينغتون بثًا إذاعيًا وطنيًا كل أسبوع. وبعد ذلك بفترة قصيرة غدا آرمسترونغ أول موسيقي أمريكي من أصول أفريقية يقدّم برنامجه الوطني عبر البث الإذاعي. لقد أرعب هذا كلّه لي دي فورست، الذي كتب مخاطبًا جمعية الإذاعيين الوطنية بأسلوبٍ غاية في التعبير: ماذا فعلتم بطفلي، البث الإذاعي؟ لقد أهنتم هذا الطفل، ألبستموه رُقع موسيقى الراغتايم (موسيقى زنجية أمريكية)، وخروق موسيقى الجيفي (موسيقى المرجوحة) وموسيقى البوغي-ووغي (طراز من جاز البيانو). في الحقيقة، كانت التكنولوجيا التي ساعد دي فورست في اختراعها أكثر ملاءمة بطبيعتها لموسيقى الجاز منها لأداء الموسيقى الكلاسيكية. لقد اخترقت موسيقى الجاز الصوت المضغوط والأشبه بصوت الصفيح الصادر عن هاتف (مكبّر) الراديو على الموجة AM[1]، بينما لم يكن ممكنًا نقل الطيف الواسع والديناميكي للسمفونيات من خلال هذا الوسيط. لقد سُمِعت نفخة ستاكمو في البوق على الراديو بشكل أفضل من رِقّة معزوفات شوبرت.

خلق التقاء الجاز مع البث الإذاعي، بالفعل، أول اندفاعة لسلسلة موجات ستجتاح مجتمع القرن العشرين. صوت جديد يترعرع ببطء في أجزاء صغيرة من العالم -في «نيو أورليانز» في حالة موسيقى الجاز- وجد طريقه إلى وسط الراديو الذي يصل إلى عامة الشعب، مثيرًا النقمة لدى البالغين والحماسة لدى الشباب. وفي ما بعد ستمتلئ القناة الأولى التي صاغتها موسيقى الجاز بموسيقى الروك أند رول للموسيقار ممفيز،

(1) AM: (Amplitude modulation)، بث صوتي تتغير فيه سعة الموجة الحاملة من دون تغيير التردّد. المترجم.



المؤلف الموسيقي ديوك إلينغتون على المسرح، حوالي عام 1935

وموسيقى البوب البريطانية القادمة من «ليفربول»، والراب والهيب هوب من وسط الجنوب و«بروكلين» في الولايات المتحدة الأمريكية. يبدو أن هناك شيئًا ما يربط بين البث الإذاعي والموسيقى، بطريقة لم يوفّرها التلفزيون أو السينما: فبعد ظهور البث الإذاعي مباشرة كوسيط لمشاركة الموسيقى على المستوى الوطني، بدأت ثقافات أصغر بالازدهار ضمن وسيط الإذاعة. قبل الراديو كان هناك فنانون مغمورون، وشعراء مُعدَمون ورسامون – ولكن ظهور الراديو ساعد في خلق منصة متوفرة للجميع: أصبح الفنانون المغمورون بين ليلة وضحاها نجومًا مشهورين. بالنسبة للجاز، طبعًا، كان هناك عنصر إضافي أساسي. فالفنانون الذين أصبحوا مشاهير بين ليلة وضحاها، كانوا في معظمهم من الأمريكيين الأفارقة: *إلينغتون وآرمسترونغ، إيلا فيتزجيرالد وبيلي هوليداي*. لقد كان هذا إنجازًا عظيمًا: للمرة الأولى تستقبل أمريكا البيضاء ثقافة الأمريكيين الأفارقة في بيوتها، وإن كان ذلك عبر موجة AM عن طريق الراديو. أعطى نجوم الجاز أمريكا البيضاء مثالًا عن الكيفية التي يصبح فيها الأفارقة الأمريكيون مشاهيرَ وأثرياء ومثيرين للإعجاب في مهاراتهم كمستضيفين لبرامج فنية، بدلًا من اقتصار دورهم على العمل كواعظين دينيين فقط. ومن الطبيعي أيضًا أن يصبح العديد من هؤلاء الموسيقيين واعظين أقوياء، من خلال أغانٍ قدّموها مثل أغنية «strange fruit» *لبيلي هوليداي*، بسرديتها التي تسخر من الإعدامات التي حصلت في الجنوب. امتلكَ البث الإذاعي نوعًا من الحرية المميّزة له، ولعبت هذه الحرية دورًا محرِّرًا في العالم الحقيقي. لقد تجاهلت موجات الراديو تلك الطريقة التي انقسم فيها المجتمع في ذلك الوقت: بين عالمي البيض والسود، وبين الطبقات الاقتصادية المختلفة. لقد كانت موجات الراديو مصابة بعمى الألوان. وهي كما الإنترنت الآن: لم تكسر الحواجز داخل المجتمع بقدر ما إنها عاشت في عالم منفصل عن هذه الحواجز.

ارتبطت ولادة حركة الحقوق المدنية بشكل وثيق بانتشار موسيقى الجاز في أنحاء الولايات المتحدة الأمريكية. لقد كانت، بالنسبة للعديد من الأمريكيين، الأرضية الثقافية المشتركة الأولى بين أمريكا البيضاء وتلك السوداء التي أوجدها الأفارقة - الأمريكيون. وهذا بحد ذاته شكّل صفعة لدعاة الفصل العنصري. أشار مارتن لوثر كينغ جونيور إلى هذا الارتباط بشكل صريح في خطابه الذي ألقاه في مهرجان «برلين» للجاز عام 1964:

«من غير المستغرب أن موسيقيّي الجاز هم الأبطال وراء كثير من جهود البحث عن هوية للسود في أمريكا. وقبل أن يكتب الكتّاب والباحثون الجدد عن «الهوية العرقية» كمشكلة يعاني منها العالم متعدّد الأعراق، كان الموسيقيون يعودون إلى جذورهم لتأكيد ما كان يعتمل في داخلهم. يعود الكثير من القوة التي حازت عليها حركة التحرّر في الولايات المتحدة الأمريكية إلى الموسيقى. لقد قوّتنا بألحانها الجميلة عندما بدأنا نفقد شجاعتنا، أعطتنا الهدوء بإيقاعاتها الفنية عندما انخفضت معنوياتنا. والآن، صُدِّرت موسيقى الجاز إلى العالم».

كان مارتن لوثر كينغ، مثله مثل العديد من الشخصيات السياسية، مَدينًا لاختراع الأنبوب المُفَرَّغ لسبب آخر أيضًا: بعد أن بدأ دي فورست ومخابر بِل باستعمال الأنابيب المُفَرَّغة في تشغيل البث الإذاعي بفترة قصيرة، سُخِّرت هذه التكنولوجيا في تضخيم الصوت البشري بطريقة أكثر مباشرة: وهي تشغيل مضخّمات للصوت مثبتة على الميكروفونات، مما سمح للناس بالحديث أو الغناء أمام حشود كبيرة لأول مرة في التاريخ. لقد سمحت مكبرات الصوت المجهزة بالأنابيب المُفَرَّغة لنا أخيرًا بالتحرّر من هندسة الصوت التي كانت مسيطرة منذ عهود العصر

الحجري. لم نعد معتمدين على ارتدادات الصدى داخل الكهوف والكاتدرائيات أو بيوت الأوبرا لجعل أصواتنا أقوى. أصبح بإمكان الكهرباء الآن تضخيم الأصداء، ولكن بقوة أكبر بآلاف المرات.

قاد تكبير الصوت إلى نوع جديدً كليًا من الأحداث السياسية: حشود بشرية تتجمّع لتستمع إلى خطباء. لعبت الحشود دورًا مهيمنًا في الثورات السياسية على مدى القرن والنصف الماضيَيْن؛ إذا كان هناك من أيقونة تمثل الثورة قبل القرن العشرين فهي لا بد أن تكون حشود البشر مجتاحة شوارع المدن عامي 1789 أو 1848. ولكن مكبّرات الصوت استولت على تلك الجموع المكتظّة وأعطتها نقطة جذب وتجمّع: وهي أنّ صوت القائد يتردّد في أرجاء ساحة أو استاد رياضي أو حديقة. قبل اختراع مكبّرات الصوت التي تعمل بواسطة الأنابيب المُفَرَّغة، كان من الصعب التحدّث إلى مجموعة بشرية تزيد على ألف شخص، وذلك بسبب محدودية قدرة حبالنا الصوتية. (إن التدريج الدقيق للأصوات الأوبرالية مصمَّم بطريقة ما ليُمَكِّن من انتزاع أقصى حد ممكن من الصوت البشري المحدود بيولوجيًا). ولكن الميكروفون الموصول إلى عدة مكبرات للصوت يزيد مجال الصوت أضعافًا مضاعفة. لم يميز أحد هذ القوة الجديدة -ويستثمرها- مثلما فعل أدولف هتلر، الذي كان يخاطب مئات الألوف من أتباعه في مهرجانات «نورنبيرغ»، والذين كانوا يقفون مسمّرين يصغون إلى الصوت المضخم للفوهرر. إذا ما أزلت الميكروفون ومكبّر الصوت من صندوق الأدوات التي كانت متوفّرة ضمن تكنولوجيا القرن العشرين فإنك بالتأكيد ستزيل أحد الأشكال المُمَيِّزة للتنظيم السياسي في ذلك القرن، بدءًا من «نورنبيرغ» وصولًا إلى شعار «الديّ حلم»، لمارتن لوثر كينغ.

كذلك، مَكَّن تكبير الصوت بواسطة الأنابيب المُفَرَّغة المكافئ الموسيقي للمهرجانات السياسية: مثل أداء فرقة البيتلز في استاد «شيًا»،

و«دستوك»، ولايف أيد live aid. ولكن كان لتكنولوجيا الأنابيب المُفَرَّغة تأثيرًا أكثر براعة على موسيقى القرن العشرين - لم يكن هذا فقط في جعل صوتها مرتفعًا وإنما في جعلها صاخبة أيضًا.

من الصعب على الأشخاص الذين عاشوا حياتهم الكاملة في عالم ما بعد الثورة الصناعية تفهّم مدى الصدمة التي سببتها الأصوات الناجمة عن عمليات التصنيع لآذان البشر منذ قرن أو قرنين من الزمن. إذ اجتاحت سيمفونية جديدة كليًا عالم الحياة اليومية، سيمفونية مكوّنة من أصوات النشاز، وبشكل خاص في المدن الضخمة: أصوات التكسير، قعقعة المعادن على بعضها، صفير المحرك البخاري. لقد كان الضجيج، بطرائق مختلفة، صادمًا بنفس القدر الذي تسبب به الازدحام وروائح المدن الضخمة. بحلول العشرينات من القرن الماضي وانتشار هدير الأصوات المضخَّمة كهربائيًا إلى جانب الضجيج المدني الذي كان موجودًا في الأساس، بدأت منظمات كجمعية ضريبة الضجيج noise abatement في «مانهاتن» بالدعوة إلى مدن أكثر هدوءًا. وتعاطفًا منه مع نشاط هذه الجمعية، صنعَ أحد مهندسيّ مخابر بِلْ، يدعى هارفي فلتشر، شاحنةً محملةً بآخر ما توصل إليه العلم من تجهيزات الصوت، وبمهندسين من مخابر بِلْ، انطلقوا على متن تلك الشاحنة يجوبون ببطء مناطق مدينة نيويورك ذات الضجيج العالي، ويقيسون درجات الصوت في هذه المناطق. (وقد نتجت وحدة قياس حجم الصوت -الديسيبل- عن أبحاث قام المهندس هارفي فلتشر بإجرائها). وجد فلتشر وفريقه أن ارتفاع بعض أصوات المدينة -أصوات التبشيم والثقب، وهدير مترو الأنفاق- وصل حدّ الديسيبل فيها إلى الدرجة التي سببت ألمًا سمعيًا. في شارع كورت لاند، كان الضجيج الصادر عما عُرِف في حينه باسم «ضجيج البث»، وهو الضجيج الذي أصدرته واجهات المحلات، التي كانت تعرض آخر ما أُنتج من مكبرات الصوت، عالٍ إلى درجة أنه غطى على صوت القطار المرتفع.

ولكن، في الوقت الذي تصدّت فيه المجموعات الداعية إلى تخفيض الضجيج الناشئ حديثًا من خلال التشريعات والحملات الشعبية، ظهر رد فعل آخر مختلف تمامًا. فبدلًا من رفض صوت الضجيج، بدأت آذاننا تجد فيه شيئًا جميلًا. منذ بدايات القرن التاسع عشر أصبحت الخبرات الروتينية للحياة اليومية بمثابة فترات تدريب ساعدت على تقدير جماليات الضجيج. ولكن الأنبوب المُفَرَّغ هو في النهاية ما جعل من الضجيج متعة للجماهير.

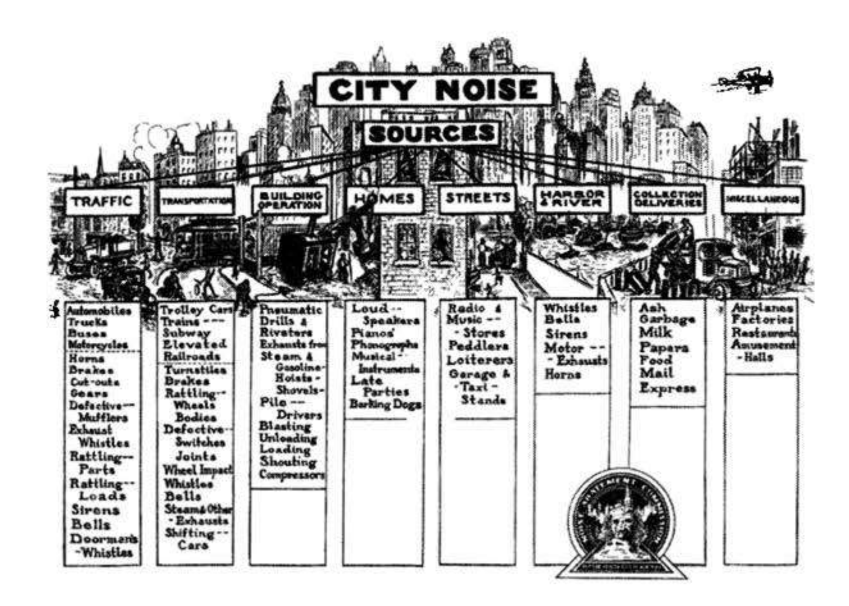
ابتداء من خمسينات القرن الماضي، لاحظ عازفوّ الغيتار الذين كانوا يقدّمون عزفهم من خلال مضخّمات الصوت أنه كان بإمكانهم خلق نوع جديد وشاذ من الموسيقى عن طريق الإفراط في استخدام مضخمات الصوت: توليد طبقة إضافية من الضجيج فوق العلامات الموسيقية عن طريق مداعبة أوتار الغيتار نفسها. لقد كان هذا في الواقع قصور في أداء مضخمات الصوت، يشوّه الصوت الذي صُمِّمت المضخمات من أجل إنتاجه. وقد بدا هذا الصوت لمعظم الآذان التي سمعته وكأنّ عطلًا قد أصاب المضخمات، ولكن مجموعة صغيرة من الموسيقيين وجدوا هذا الصوت جذّابًا إلى درجة أن بعض تسجيلات الروك أند رول في خمسينات القرن الماضي احتوت أسطواناتها الموسيقية على قدر لا بأس به من هذه الأصوات المبالَغ في تضخيمها. ولكن لم يتسنَ لفن الضجيج الإقلاع بشكل حقيقي حتى الستينات من القرن الماضي. في تموز من العام 1960، كان عازف الباس bassist، غرادي مارتن، يسجل مقطوعة موسيقية قصيرة لأغنية للمغنية مارتي روبنز اسمها «لا تقلق don't worry» عندما حصل عطل في مكبر الصوت مُصْدِرًا صوتًا مشوّهًا نطلق عليه الآن اسم «نغم غامض fuzz tone». في البداية أرادت روبنز إزالة هذا الصوت المشوّه من اللحن، ولكن المنتج أقنعها بإبقائه. «لم يكن بمقدور أحدٍ تحديد نوع الآلة التي يصدر عنها هذا الصوت»، قالت

روبنز في ما بعد. «لقد كان الصوت أشبه بإقلاع محرك نفّاث، كان مؤلفًا من عدة أصوات مختلفة». بعد ذلك طلبت فرقة موسيقية أخرى تدعى فينتشر من صديق لها أن يقوم بتجميع جهاز يمكنه إضافة التأثير الضبابي على الصوت بشكل متعمّد، مستلهمة الضجيج الغريب الذي لا يمكن تحديد ماهيته والذي سُجِّل في أغنية *مارتن*.. في غضون سنة، ظهرت في الأسواق أجهزة تجارية مهمتها تشويه الصوت، وبعد مضي ثلاث سنوات، ظهرت أغنية كيث ريتشارد «ساتسفاكشن» مع مقدّمتها المشبعة بتشويه متعمَّد للصوت، وبذلك كانت ولادة الأصوات الموسيقية التي ميّزت مرحلة الستينات من القرن الماضي.

ثمّ طُوِّر نموذج مشابه جديد للصوت –وإن بدا للوهلة الأولى غير سارّ– وهو الصوت الذي كان يصدر عندما تتشارك مكبرات الصوت والميكروفونات الحيّز الفيزيائي نفسه، فينتج رَجْع الضجيج الصاخب كالدوّامة. كان تشويه الصدى الموسيقي المقصود يشبه إلى حد ما تلك الأصوات الصادرة عن المصانع التي ظهرت في القرن الثامن عشر. (ومن هنا أتت نغمة «المحرك النفاث» التي ألّفها *غرادي مارتن*). ولكن رَجْع الضجيج كان شيئًا جديدًا تمامًا: إذ لم يكن موجودًا أبدًا ولا بأي شكل قبل اختراع مكبرات الصوت والميكروفونات قبل ذلك بقرن تقريبًا. في حين كان مهندسو الصوت يبذلون جهدًا كبيرًا من أجل إزالة الضجيج الراجع من التسجيلات أو من أماكن إقامة الحفلات، وذلك عن طريق اختيار أماكن وضع الميكروفونات بحيث لا تلتقط أية إشارة من مكبرات الصوت وذلك لتفادي دورة لا متناهية من الصخب الراجع. إلا أن القصور في أداء شخص في هندسة الصوت تحوّل، مرة ثانية، إلى موسيقى لدى شخص آخر. حيث أراد فنانون من أمثال جيمي هندركس أو ليد زيبلين –وفي ما بعد فنانو البانك التجريبيون مثل سونيك يوث– تضمين هذه الأصوات في تسجيلاتهم وحفلاتهم. في واقع الحال،

لم يكن هندركس في ستينات القرن الماضي يعزف ألحان الغيتار مع تلك التسجيلات المشبعة بالأصوات الراجعة فقط، وإنما كان يبدع صوتًا جديدًا ضمّ اهتزازات أوتار الغيتار، وما تحمله مما يشبه صوت الميكروفون، ومكبرات الصوت، مُنشِئًا بذلك تفاعلات معقّدة وغير مسبوقة بين هذه التقنيات الثلاث. تأتي الإبداعات الثقافية في بعض الأحيان من خلال استعمال تقنيات جديدة بطريقة غير متوقّعة.

لم يكن دي فورست ومخابر بِلّ يحاولون اختراع المهرجانات الشعبية عندما وضعوا المخططات الأولى للأنبوب المُفَرَّغ، ولكن تبين أنه من السهولة بمكان حشد المهرجانات الشعبية بمجرد توفّر مكبرات الصوت التي مكّنت من مشاركة صوت مفرَد مع العديد من الناس. ولكن تأتي الاختراعات أحيانًا من خلال مغامرة غير متوقّعة: أي عن طريق الاستغلال المتعَمَّد لسوء عمل الأجهزة: كتحويل الضجيج والأخطاء في الصوت إلى إشارة صوتية مفيدة. يوجد لكل تكنولوجيا جديدة بالمطلق طريقة جديدة بالمطلق لتخريبها - ومن حين لآخر، تفتح هذه الأعطال في التكنولوجيا بابًا جديدًا في حدود الحيِّز المتاخم للمكان. في حالة الأنبوب المُفَرَّغ، قام هذا الأنبوب بتدريب آذاننا على الاستمتاع بصوت كان من دون شك سيجعل دي فورست يلوذ هاربًا. في بعض الأحيان، تتمتّع أعطال التكنولوجيا بالقدر نفسه من الإثارة التي تتمتّع بها هذه التكنولوجيا عندما تعمل من دون أعطال. لقد كانت قصة تكنولوجيا الصوت تتعلّق دائمًا بمسألة توسيع مدى أصواتنا وحدّتها، ابتداءً من ترانيم إنسان النياندرتال في كهوف «بيرغوندي» وصولًا إلى غناء *إدوارد ليون سكوت دي مارتينيل* في جهاز الفونوتوغراف الذي كان قد اخترعه، وانتهاء ببث *دُيوك إلينغتون* من نادي كوتون. ولكن الانعطافة الأكثر إدهاشًا أتت قبل قرن من الزمن، عندما أدرك البشر للمرة الأولى أنه بمقدورهم استعمال الصوت لغاية مختلفة تمامًا، وهي مساعدتنا على الرؤية.



تصنيف لرسم بياني للصوت موجود في كتاب ضوضاء المدينة

لقد استعمل الإنسان الضوء منذ القدم كي ينبّه البحارة إلى اقترابهم من شواطئ خطرة على سفنهم. كانت منارة الإسكندرية، التي شُيِّدت قبل الميلاد بعدة قرون، واحدة من عجائب الدنيا السبع. ولكن أداء هذه المنارات لدَورها يكون في أسوأ أحواله في الوقت الذي تكون الحاجة فيه لهذا الدور على أشدّها: أي أثناء الطقس العاصف حيث يحجب الضباب والأمطار الضوء المنبعث منها. ولهذا استعمل العديد من المنارات أجراسًا تحذيرية كإشارة إضافية، ولكن هذه الأصوات كانت تغرق تمامًا في صوت البحر الهادر. تبيّن أن أمواج الصوت تمتلك خاصّية فيزيائية آسرة: تنتقل الأمواج الصوتية تحت الماء بسرعة تفوق انتقالها في الهواء بأربعة أضعاف، وهي لا تتأثر مطلقًا بالتشويش الصوتي فوق سطح البحر.

في العام 1905، بدأت شركة صبمارين سيغنال Submarine Signal Company (SSC) التي كانت موجودة في بوسطن بتصنيع نظام اتصالات بالاعتماد على هذه الخاصية المائية لموجات الصوت: عبارة عن أجراس تحت الماء تُقرع على فترات منتظمة، وميكروفونات مصمّمة خصيصًا للاستقبال الصوتي تحت الماء تدعى «هيدروفونات». أسّست شركة صبمارين سيغنال SSC أكثر من 100 محطة حول العالم في الموانئ والقنوات الخطرة، حيث كانت الأجراس الموضوعة تحت الماء تحذّر السفن المجهَّزة بالهيدروفونات، عند اقترابها من الصخور أو المياه الضحلة. لقد كان نظامًا عبقريًا، ولكنه كان محدود التأثير، فهو، بداية، لم يعمل إلا في الأماكن التي جهّزتها الشركة بأجراس التحذير. كما أنه كان عديم الفائدة تمامًا في الكشف عن الأخطار غير المتوقّعة، كالسفن الأخرى القريبة، أو جبال الجليد.

اتّضح لنا الخطر الذي تمثّله جبال الجليد على الملاحة البحرية بشكل جليّ في نيسان العام 1912، عندما غرقت سفينة التايتانيك في المحيط الأطلسي. قبل غرقها بأيام قليلة، التقى المخترع الكندي ريجينالد فريزيندين بمهندس من شركة SSC في محطة للقطار. كان فريزيندين مبتكرًا في مجال الراديو اللاسلكي، وهو أول من اخترع أول بثٍّ عبر الراديو لصوت الإنسان وأول بث لإشارة مورس عبر المحيط وفي الاتجاهين. قادت خبرته هذه شركة SSC إلى الطلب منه مساعدتها في تصميم نظام الهيدروفون بحيث يصبح أكثر قدرة على (فلترة) الضجيج المرافق للأصوات الصادرة تحت الماء. وعندما انتشرت الأنباء عن غرق التيتانيك، قبل أربعة أيام فقط على زيارته لشركة SSC، صُعِق فريزيندين كما صُعق العالم بأسره. ولكنه خلافًا للجميع، كان لديه فكرة واضحة عن كيفية منع حدوث مثل هذه المآسي مستقبلًا.

كان الاقتراح الأول لفريزيندين هو استبدال الأجراس بصوت مستمر

يولّد كهربائيًا ويمكن استعماله في إرسال إشارات مورس، مستلهمًا بذلك خبرته في الإبراق اللاسلكي. ولكن، وأثناء تجريبه للاحتمالات الممكنة، أدرك أنه يمكن لهذا النظام أن يكون أكثر طموحًا. وبدلًا من مجرد الاستماع إلى الأصوات التي تولدها مواقع تحذير مصمَّمة خصيصًا ومُنشأة في أماكن محدَّدة لهذا الغرض، فإن أداة فريزيندين الجديدة ستولّد أصواتها الخاصة بها من على سطح السفينة وتلتقط الأصداء التي تولّدها هذه الأصوات بعد ارتدادها عن الأشياء الموجودة في الماء، تمامًا كما تستعمل الدلافين تحديد مصدر الصدى في تحديد وجهتها في المحيط. مستعيرًا المبدأ نفسه الذي جذب الباحثين عن الكهوف إلى أجزاء محدّدة من كهوف آرسي سوكيور، التي يكون فيها ارتداد الصوت عاليًا بصورة غير مألوفة، ضبط فريزيندين آلته بحيث تتناغم مع جزء صغير من طيف التردّدات الصوتية، حوالى 450 هرتزًا، مما مكّنها من تجاهل كل الضجيج المتواجد في البيئة المائية. بعد عدة أشهر من إطلاقه اسم «الرجراج» على آلته، عدَل عن هذه التسمية وأعاد تسميتها باسم «هزّاز فريزيندين». كانت هذه الآلة عبارة عن نظام من أجل إرسال واستقبال البرقيات تحت الماء، وكانت تلك أول آلة سونار لتحديد الصدى (الرادار).

مرة أخرى، تؤكد الحوادث التاريخية الدائرة في العالم الحاجة لأداة فريزيندين. حين اندلعت الحرب العالمية الأولى بعد عام فقط على إتمام فريزيندين العمل على أول نموذج فعّال من آلته، أكدت الحوادث العالمية مدى الحاجة إلى آلته. في ذلك الوقت شكّلت الغواصات الألمانية المسماة يو-بوت التي كانت تجوب شمال المحيط الأطلسي خطرًا على الملاحة البحرية أكبر من ذاك الذي شكّله جبل الجليد على سفينة التايتانيك. وقد كانت حدة هذا الخطر أكبر بالنسبة لفريزيندين، الذي كان وطنيًا متحمّسًا للإمبراطورية البريطانية باعتباره مواطنًا كنديًا.



مطوّر الراديو ريجينالد فيسندن يختبر اختراعه، 1906

(كما أنه كان كما يبدو عنصريًا، وتقدَّم فيما بعد، ضمن مذكراته، بنظرية تشرح الدور الذي لعبه الرجال الشقر من أصول إنكليزية في الإبداعات الحديثة). ولكن الولايات المتحدة لم تكن قد انضمت بعد إلى الحرب، كان ما زال يفصلها عن ذلك عامين، كما أن المدراء في شركة SSC لم يشاركوا فريزيندين ولاءه للعلم البريطاني (يونيون جاك). ولتجنّب المخاطرة المالية التي قد تنشأ عن تطوير تقنيَّتَيْن ثوريتين جديدتين في آن معًا، قرّرت الشركة بناء وتسويق «هزاز فريزيندين» كآلة متخصّصة في الإبراق اللاسلكي.

في نهاية الأمر سافر فريزيندين قاطعًا الطريق إلى «بورتسموث» في

إنكلترة على حسابه الشخصي، في محاولة لإقناع البحرية الملكية رويال نافي الاستثمار في تصنيع جهازه «الهزّاز»، ولكنهم أيضًا شكّكوا في هذا الاختراع العجيب؛ وحول هذا الموضوع كتب فريزيندين: «لقد توسّلتهم أن يسمحوا لنا مجرّد أن نفتح العلبة ونريهم كيف يبدو الجهاز». لكنهم في النهاية تجاهلوا طلبه. ولن يصبح السونار أحد المكونات الأساسية في السلاح البحري حتى الحرب العالمية الثانية. مع حلول الهدنة العام 1918، كانت الغواصات الألمانية يو-بوت قد تسبّبت في مقتل ما يزيد على عشرة آلاف شخص. جرّب البريطانيون، ومن بعدهم الأمريكيون، عددًا لا يحصى من الإجراءات الهجومية والدفاعية من أجل صد هذه الغواصات المفترسة. ولكن، وللمفارقة، كان أفضل سلاح دفاعي يمكن استعماله في هذه الحالة هو موجة صوتية بطول 450 هرتزًا، مرتدة عن هيكل الغواصة المهاجِمة.

في النصف الثاني من القرن العشرين، سيتم توظيف مبادئ تحديد الموقع عن طريق رجع الصدى (السونار) في مجال أبعد بكثير من مجرد اكتشاف جبال الجليد أو الغواصات. استعملت سفن صيد السمك -وصيادو الأسماك الهواة أشكالًا مختلفة من «هزاز فريزيندين» من أجل تحديد مواقع الأسماك التي سيصيدونها- استعمل العلماء السونار لاستكشاف غرائب المحيطات، حيث تم الكشف عن مسطحات مخفية، ومصادر طبيعية، وعن الفوالق في مهد المحيطات. وبعد انقضاء ثلاثة وسبعين عامًا على غرق التايتانيك الذي ألهم ريجينالد فريزيندين أن يحلم بأول جهاز سونار، استعمل فريق من الباحثين الأمريكيين والفرنسيين جهاز السونار في اكتشاف مكان غرق التايتانيك في قعر المحيط على عمق 12 ألف قدم[1] تحت سطح البحر.

---

(1) قدم Foot: مقياس للطول يعادل 12 إنشًا أو 30.48 سنتيميترًا. المترجم.

إلا أن ابتكار فريزيندين أحدث أكبر تغيير على وجه اليابسة، حيث أحدثت أجهزة التقصّي بالأمواج فوق الصوتية (الإيكو echo) ثورة في مجال الرعاية الأسَرية، وذلك من خلال استعمال الصوت في رؤية الجنين داخل رحم المرأة الحامل، مما سمح بحماية الأمهات والأطفال من مضاعفات الحمل التي كانت مميتة منذ أقل من قرن من الزمن. لقد كان أمل فريزيندين أن فكرته -أي استعمال الصوت في الرؤية- قد تنقذ أرواحًا من الموت؛ بالرغم من أن فريزيندين لم يتمكّن من إقناع السلطات في استعمال جهازه الهزاز في الكشف عن غواصات يو-بوتس الألمانية، إلا أن الهزّاز أنقذ في النهاية الملايين من الأرواح في البحر وفي مكان آخر لم يتوقّعه فريزيندين مطلقًا: المشفى.

بالطبع، إن الاستعمال الأكثر شيوعًا للأمواج فوق الصوتية هو في تحديد جنس الجنين في فترة مبكّرة من الحمل. نحن معتادون الآن على التفكير في المعلومات على أنها تتشكّل من ثنائيات: الصفر والواحد، دارة مغلقة (موصولة) وأخرى مفتوحة (مفصولة). ولكن، من بين جميع خبرات الحياة هناك عدد قليل من مفارق الطرائق الثنائية التي تشبه تحديد جنس طفلك الذي لم يولد بعد. هل سيكون لديك بنتًا أم صبيًا؟ ما عدد التغيّرات في مجرى الحياة التي تنشأ عن هذه المعلومة البسيطة؟ كما العديد من أمثالنا، عرفت مع زوجتي جنس أطفالنا باستعمال الأمواج فوق الصوتية. لدينا الآن وسائل أخرى، أكثر دقة لتحديد جنس الجنين، ولكن أول عهدنا في هذه المعرفة كان عن طريق موجات الصوت المرتدّة عن جسم طفلنا الذي لم يولد بعد. كما كان الحال حين توجّه إنسان النياندرتال ضمن كهوف آركي-سور-كيور- كان الصدى يقود الطريق. ولكن كان هناك جانب مظلم لهذا الابتكار. لقد قاد إدخال أجهزة الأمواج فوق الصوتية إلى دول كالصين، التي تفضّل الأولاد الذكور، إلى ازدياد في حالات الإجهاض على أساس جنس الجنين. في أوائل

الثمانينات من القرن المنصرم، أُدخِلت أعداد كبيرة من أجهزة الأمواج فوق الصوتية في كافة أرجاء الصين، ومع أن الحكومة منعت استعمال الأمواج فوق الصوتية في تحديد جنس الجنين بعد ذلك بفترة قصيرة، إلا أن استعمال هذه التكنولوجيا بشكل غير شرعي في تحديد جنس الجنين استمر على نطاق واسع. ومع نهاية العقد كانت نسبة المواليد من الجنسين في المشافي المنتشرة في أنحاء الصين 110 صبيان لكل 100 بنت مع تسجيل نسبة 100:118 في بعض المناطق. قد يكون هذا أحد أكثر تأثيرات ما يُعرف بظاهرة الطائر الطنان إدهاشًا ومأساوية في القرن العشرين. يبني شخص ما آلة بغية الاستماع إلى موجات الصوت المرتدة عن جبال الجليد، وبعد أجيال قليلة، يتم إجهاض ملايين الأجنة المؤنثة باستعمال التكنولوجيا عينها.

ينطوي الخلل بين نسب المواليد من الجنسين في الصين الحديثة على عدة دروس ينبغي تعلمها، وإذا ما وضعنا سؤال الإجهاض بحد ذاته جانبًا، وبدرجة أقل الإجهاض المبني على جنس الجنين. يذكرنا هذا الخلل بأنه لا وجود لتقدّم تكنولوجي ذي تأثيرات إيجابية فقط: فمن أجل كل سفينة أُنقِذت من الاصطدام بجبل جليد، هناك عدد لا يحصى من حالات الحمل التي أُجهِضت بسبب صبغي (كروموزوم) Y المفقود، كناية عن كون الجنين أنثى. تمتلك مسيرة التكنولوجيا منطقها الداخلي الخاص، ولكن تطبيق هذه التكنولوجيا بشكل أخلاقي يعود إلينا نحن الذين نقوم باستعمالها. يمكننا أن نقرّر استعمال الأمواج فوق الصوتية من أجل إنقاذ الأرواح أو إزهاقها. (والتحدي الأكبر هو أنه بإمكاننا استعمال الأمواج فوق الصوتية في تعديل مفهومنا عن الحياة بحد ذاته، التقاط دقات قلب الجنين بعمر أسابيع فقط). في الغالب، تحدّد تخوم التقدّم التكنولوجي والعلمي الموجودة ماهية الاختراع التالي الذي سنخترعه. ومهما تمتعتَ بالذكاء الخارق، لن يتسنى لك

اختراع جهاز الأمواج فوق الصوتية قبل اكتشاف موجات الصوت. أما ما الذي نقرر فعله باختراعاتنا؟ فهذا سؤال أكثر تعقيدًا، سؤال يتطلب مهارات أخرى مختلفة للإجابة عليه.

إلا أن قصة السونار والأمواج فوق الصوتية تقدّم لنا درسًا آخر أكثر مساعدة لنا، وهو السرعة التي ستتمكّن فيها براعتنا من تجاوز حدود المؤثّرات التقليدية. لاحظ أسلافنا للمرة الأولى قوة الصدى واهتزازات الصوت في تغيير الخواص الصوتية لصوت البشر منذ عشرات الآلاف من السنين، وقد استعملنا هذه الخواص لقرون من أجل تعزيز مجال وقوة حبالنا الصوتية، من الكاتدرائيات إلى جدران نقل الصوت. ولكن من الصعب تخيّل أن يتنبأ شخص يدرس فيزياء الصوت منذ مائتي عام بأن أصداء الأصوات ستُستعمل يومًا في تتبع الأسلحة تحت الماء (الغواصات والألغام) أو في تحديد جنس الجنين قبل الولادة. ما كانت بدايته مع الصوت الأكثر تأثيرًا وبداهة -صوتنا الذي نستعمله في الغناء، الضحك، وتبادل الأخبار والنميمة- جرى تحويله إلى أدوات تُستعمل في الحرب والسلم، الموت والحياة. هذا يشبه العويل المشوّه الذي يصدر عن مكبرات الصوت المزوّدة بالأنابيب المُفَرَّغة. هو ليس صوتًا سعيدًا على الدوام، مع ذلك يتبيّن، مرة تلو الأخرى، أنه يمتلك صدى مميزًا لا تخطئه الأذن.



الفصل الرابع

النظافة

في كانون الأول من العام 1856، عبر مهندس متوسّط العمر من شيكاغو يدعى *أليس تشيسبرا* المحيط الأطلسي من أجل فهم واستيعاب صروح القارة الأوروبية. زار «لندن» و«باريس» و«هامبورغ» و«أمستردام»، وست مدن أخرى. جولة سياحية ضخمة من الطراز الأول. ولكن الفارق الوحيد هو أن *تشيسبرا* لم يقُمْ برحلته من أجل دراسة عمارة متحف اللوفر أو بيغ بن. ذهب إلى هناك، بدلًا عن ذلك، من أجل دراسة الإنجازات غير المرئية للهندسة الأوروبية. ذهب إلى هناك لدراسة أنظمة الصرف الصحي.

كانت «شيكاغو»، في أواسط القرن التاسع عشر، مدينة بحاجة ماسة إلى خبرات في مجال التخلّص من الفضلات. ويعود ذلك إلى دورها المتنامي كنقطة عبور لجلب القمح ولحم الخنزير المحفوظ من منطقة السهول الكبرى إلى المدن الساحلية، مما حوّلها من قرية صغيرة إلى مدينة كبيرة خلال عقود. ولكن، وعلى عكس المدن الأخرى التي نمت بمعدلات عالية خلال هذه الفترة (مثل «نيويورك» و«لندن»)، كان لدى «شيكاغو» صفة سلبية تمثّلت بالأثر الناجم عن امتداد الجليد ليغطي المنطقة منذ آلاف السنين قبل أن يستقرّ فيها الإنسان، مما جعل المنطقة مسطّحة بشكل لا يصدَّق. خلال العصر البلاستوسيني، زحفت حقول شاسعة من الجليد من «غرينلاند» لتغطي المنطقة التي تقوم عليها شيكاغو الآن، بطبقة جليد يزيد ارتفاعها على ميل كامل. وعندما ذاب

الجليد، شكّل جسمًا ضخمًا من الماء يطلق عليه علماء الجيولوجيا اليوم بحيرة «شيكاغو». ومع الانخفاض البطيء لمنسوب الماء في تلك البحيرة تشكّلت بحيرة أصغر هي بحيرة ميتشيغان، مما أدى إلى تسوية توضعات الطين التي خلفتها بقايا البحيرة الجليدية. تتمتّع معظم المدن بدرجة مقبولة من الانحدار باتجاه الأنهار أو المرافئ التي قامت المدينة حولها. لكنّ شيكاغو هي بالمقارنة، أشبه ما تكون بلوح الكوي – مسطّحة بما يكفي لأن يطلق عليها اسم مدينة السهول الأمريكية العظيمة.

قد يبدو بناء مدينة على أرض منبسطة تمامًا أمرًا سهلًا، وقد يتبادر إلى ذهنك أن وجود تضاريس جبلية ومرتفعات كما في «سان فرانسيسكو» و«كيب تاون »و«ريو دي جانيرو» قد يخلق مشاكل هندسية أصعب من حيث إنشاء الأبنية والنقل. ولكن الطوبوغرافيا المستوية لا تساعد على تصريف مياه المجاري. في منتصف القرن التاسع عشر، كان الصرف الصحي المعتمد على قوة الجاذبية هو الأساس في أنظمة التصريف في المدن. كما أن تضاريس «شيكاغو» عانت من كونها غير مسامية لدرجة كبيرة، ومع عدم وجود أي وسيلة لتصريف المياه، يمكن لعاصفة مطريّة أن تحوّل طبقة التربة العليا إلى مستنقع موحل في غضون دقائق. عندما خاض وليام بتلر أوغدن، وهو الذي سيصبح في ما بعد أول حاكم لشيكاغو، في شوارع المدينة المبتلة بالمطر، وجد نفسه «يغوص حتى الركبة في الوحل». كتب إلى نسيبه، الذي كان قد ابتاع أرضًا في المدينة المتاخمة مراهنًا على أنها سيكون لها مستقبلًا باهرًا، قائلًا: «إنك متّهم بفعل حماقة كبيرة لقيامك بشراء هذه الأرض».

في أواخر الأربعينات من القرن التاسع عشر، أنشئت طرقات من ألواح خشب موضبة فوق الوحل للمشي عليها، وقد كتب أحد المعاصرين لتلك الفترة بأنه بين الفينة والأخرى كان يحدث أن ينهار أحد هذه الألواح وينبعث وحل أخضر وأسود من بين الشقوق؛ كان النظام

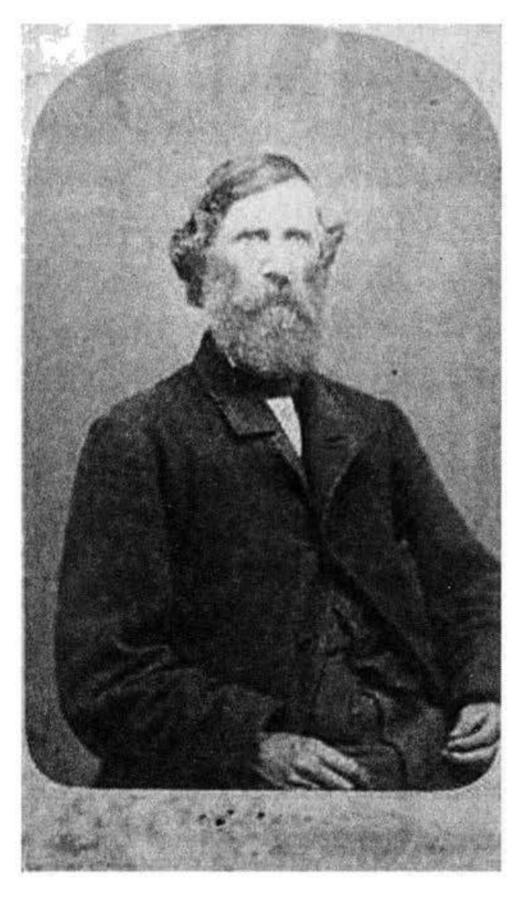
الأساس المعتمد للحفاظ على الصحة العامة هو الخنازير التي تجوب شوارع المدينة بحثًا عن الفضلات، حيث كانت تلتهم جميع الفضلات والمخلّفات التي يرميها البشر. مع تمدّد شبكة السكك الحديدية والسفن التجارية بسرعة فائقة، تضاعف حجم مدينة «شيكاغو» أكثر من ثلاث مرات. وقد شكّل هذا المعدل من النمو تحدّيات جمَّة لموارد الإسكان والنقل في المدينة، ولكن الضغط الأكبر على المدينة أتى من تحدّي التخلص من الفضلات والبراز: عندما يصل إلى مدينتك حوالى مائة ألف قاطن جديد، فإنهم ينتجون الكثير من الفضلات. أعلنت إحدى افتتاحيات الصحف المحلّية حينها: كانت المزاريب والاقنية ملأى بالقاذورات إلى درجة ان الخنازير كانت تعافها بقرف شديد. إننا نادرًا ما نفكّر بالموضوع، ولكن الحقيقة هي أن نموّ وحيوية المدن اعتمد بشكل دائم على مقدرتنا على إدارة تدفّق فضلات البشر التي تنشأ عندما يتجمّع الناس حول بعضهم في مكان ما. منذ بدايات إنشاء المستوطنات البشرية كان لإيجاد مكان لتصريف البراز نفس أهمية إيجاد طريقة لبناء ملجأ أو ساحات عامة أو أسواق تجارية.

تصبح هذه المشكلة أكثر حدّة في حالة المدن التي تمرّ بمرحلة نمو سريع، كما نرى في هذه الأيام في الأحياء الفقيرة ومدن الصفيح المنتشرة حول المدن الضخمة. بالطبع، كان على «شيكاغو» القرن التاسع عشر التعامل مع كل من فضلات البشر والحيوانات. الخيول في الشوارع، الخنازير والأبقار والمواشي التي تنتظر الذبح في المسالخ. «لقد حوّل الدم لون النهر إلى أحمر قانٍ تحت جسر رشستريت ليعبر نزولًا من جانب مصنعنا»، كتب أحد الصناعيين واصفًا المشهد، وقال أيضًا: «إنني لا أعرف ما الوباء الذي يمكن أن ينجم عن ذلك». لم تكن تأثيرات هذه القذارة مؤذية للحواس وحسب، وإنما كانت مميتة أيضًا. كانت أوبئة الكوليرا والزحار تنفجر دوريًا في خمسينات القرن التاسع عشر. توفّى

ستون شخصًا يوميًا خلال جائحة الكوليرا في صيف العام 1854. لم تفهم السلطات في ذلك الوقت العلاقة بين الفضلات والأمراض. كان العديد منهم مقتنعًا بنظرية الميازما maiasma التي كانت سائدة في حينه. كانت تلك النظرية تعزو حدوث الأمراض إلى أبخرة سامة تنتشر في الهواء، وكانت تدعى أحيانًا «ضباب الموت» الذي يستنشقه الناس في المدن المكتظة. وفكرة أن الأمراض تنشأ عن بكتيريا غير مرئية محمولة ضمن البراز الذي يلوّث مصادر مياه الشرب لن تصبح مقبولة لدى البشر إلا بعد عقد من ذاك الوقت.

بالرغم من أن معرفتها في علم الجراثيم لم تكن متطوّرة، إلا أن سلطات «شيكاغو» كانت على حق عندما ربطت بين تنظيف المدينة ومكافحة الأمراض. في 14 شباط من العام 1844 أُنشِئ «مجلس شيكاغو لمفوَّضي التصريف الصحي» من أجل معالجة هذه المشكلة، وكان أول عمل لهم هو الإعلان عن بدء البحث عن أفضل مهندس في ذلك الوقت لشغل وظيفة كبير المهندسين. وتمكّنوا خلال بضعة أشهر من إيجاد الرجل المناسب، وكان يدعى *إليس تشيسبرا*، ابن مسؤول في السكك الحديدية عمل على مشاريع سكك حديدية وأقنية، الموظف حاليًا ككبير المهندسين لدى شركة بوسطن وتر وركس Boston Water Works.

لقد كان اختيار *تشيسبرا* خيارًا حكيمًا، فقد تبيّن أن معرفته في مجال إنشاء السكك الحديدية والأقنية لعبت دورًا أساسيًا وحاسمًا في حل مشكلة مسطّحات شيكاغو المستوية وغير المسامية. تبيّن أن عملية إنشاء مناسيب صناعية عن طريق بناء مجارير تحت الأرض مكلفة جدًا. فقد كان الحفر عميقًا تحت سطح الأرض عملًا صعبًا جدًا باستعمال تجهيزات القرن التاسع عشر، كما أن المشروع بكامله كان يتطلّب ضخ الفضلات إلى فوق سطح الأرض مجدّدًا في نهاية العملية. ولكن تاريخ

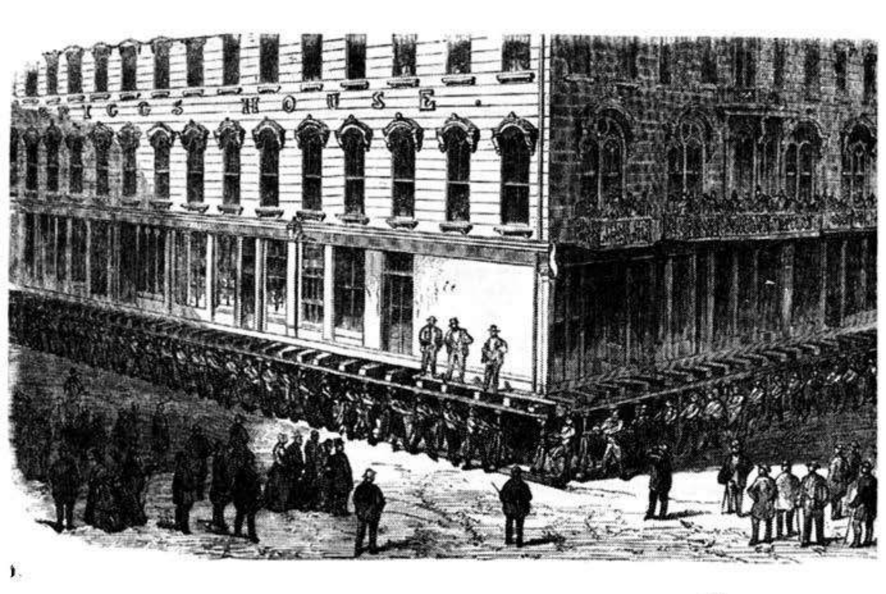


إيليز سيلفيستر تشيسبرو- شيكاجو حوالي عام ١٨٧٠

تشيسبرا الفريد ساعده هنا في ابتكار حلّ بديل، حيث ذكّره بأداة كان قد رآها تعمل على السكك الحديدية عندما كان شابًا: المرفاع اللولبي (الكريكو)، وهو أداة كانت تستعمل في رفع عربات القطار التي تزن عدة أطنان لوضعها فوق السكة الحديدية. إذا لم يكن ممكنًا لك الحفر عميقًا من أجل إنشاء منسوب ملائم من أجل الصرف الصحي، لمَ لا تستعمل «الكريكو» في رفع المدينة كلّها.

أطلق تشيسبرا، بمساعدة الشاب جورج بولمار، والذي سيجني فيما بعد ثروة من وراء بناء عربات القطار، واحدًا من أكثر المشاريع الهندسية طموحًا في القرن التاسع عشر. رُفِعت «شيكاغو» بناءً وراء بناء، بواسطة جيش من الرجال وأجهزة «الكريكو». ما إن ترفع أجهزة الكريكو الأبنية إنشًا بعد إنش حتى يبادر العمال إلى حفر ثقوب تحت أساسات البناء وتثبيت جذوع خشبية سميكة لتدعيمها، في الوقت نفسه يتدافع البناؤون لإنشاء أساسات جديدة تحت هذا البناء. أدخلت أنابيب صرف تحت الأبنية ورُبطت مع أنابيب رئيسية امتدت وسط الطرقات، وطُمِرت في ما بعد باستعمال ردميات جُرفت من نهر «شيكاغو»، مما أدى إلى رفع المدينة بكاملها حوالى عشر أقدام تقريبًا. يبدي السياح الذين يتجوّلون في وسط شيكاغو هذه الأيام إعجابهم بشكل دائم بالبراعة الهندسية التي تظهرها المباني التي تعانق السماء، ما لا يدركونه هو أن الأرض تحت أقدامهم هي أيضًا نتاج عمل هندسي رائع. (من غير المفاجئ أن أول خطوة قام بها جورج بولمان، بعد مشاركته في هذا العمل الجبار، عندما قرر بناء مدينته الصناعية النموذجية، بولمان في إلينويز، بعد مضي عدة عقود على إنشاء مجارير «شيكاغو»، كانت إنشاء خطوط صرف صحي وخطوط مياه الشرب قبل أن يحفر الأرض لتشييد أي بناء في المدينة).

من المذهل أن الحياة استمرت من دون أي خلل عندما كان فريق تشيسبرا يرفع أبنية المدينة. رأى أحد الزوار البريطانيين عملية رفع فندق يزن 750 طنًا ووصف هذه التجربة السريالية في رسالة:



رَفْعُ بريغز هاوس (منزل بريغز) - فندق من الآجر في شيكاغو
عام 1866 على الأغلب

كان الناس في الفندق طوال الوقت يأتون ويذهبون، يأكلون وينامون - لقد استمر العمل في الفندق بشكل كامل ومن دون أي انقطاع. ومع تقدّم المشروع، أصبح تشيسبرا وفريقه أكثر إقدامًا وشجاعة في رفع مباني المدينة. في العام 1860، رفع المهندسون نصف كتلة سكنية من المدينة: تقريبًا بمساحة فدان من الأرض تضم 5 أبنية طابقية تزن حوالى خمسة وثلاثين ألف طن، وذلك بواسطة ما يزيد على ستة آلاف جهاز «كريكو». كذلك توجب تحريك بعض الأبنية من مكانها بالإضافة إلى رفعها، وذلك من أجل إفساح الطريق لأنابيب الصرف الصحي: يتذكّر أحد الزائرين قائلًا: «لم يمض يوم واحد خلال إقامتي في المدينة لم أشاهد فيه بيتًا أو أكثر في غير مكانه. في أحد الأيام شاهدت تسعة بيوت يتم نقلها من مكانها إلى مكان آخر. أثناء تنقلنا في شوارع «ماديسون»

بواسطة العربة التي تجرّها الخيول كان علينا التوقّف مرتين لإفساح المجال للبيوت المنقولة كي تعبر الشارع».

كانت النتيجة هي بناء أول نظام صرف صحي شامل في أي مدينة أمريكية. خلال ثلاثة عقود، مشت أكثر من عشرين مدينة في أمريكا على خطى «شيكاغو»، حيث قامت بتخطيط وتنفيذ شبكة من أنابيب الصرف الصحي تحت الأرض. لقد خلقت هذه المشاريع الهندسية الضخمة المنفّذة تحت الأرض نموذجًا سيدخل في تحديد ملامح مدينة القرن العشرين: فكرة أن المدينة كنظام بناء مدعوم بشبكة غير مرئية من الخدمات التحت أرضية. سافر أول قطار بخاري عبر أنفاق تحت مدينة «لندن» في العام 1863. افتُتح مترو «باريس» عام 1900 وتلاه بعد ذلك بفترة قصيرة مترو «نيويورك». معابر للمشاة، وأنفاق للسيارات، وأسلاك كهربائية وألياف زجاجية شقّت جميعها طرقًا ملتوية تحت شوارع المدينة. في أيامنا هذه، يوجد عالم كامل موازٍ لعالمنا تحت الأرض، يمدّ المدن التي ترتفع فوقه بالطاقة وبالدعم اللازم لها. نحن الآن نفكّر في المدينة بشكل بديهي باعتبارها مباني تعانق الأفق، ذلك العناق الملحمي للسماء. ولكن عظمة تلك الكاتدرائيات في المدن ما كانت لتوجد لولا العالم الخفيّ الموجود تحت الأرض.

من بين جميع هذه الإنجازات، كان الأكثرها ضرورة، أكثر من المترو وكابلات الإنترنت السريع، والذي يمكن إهماله بسهولة، هي المعجزة البسيطة التي ساهمت أنظمة الصرف الصحي جزئيًا في جعلها ممكنة، ألا وهي متعة شرب كأس من الماء النظيف. منذ مائة وخمسين عاما مضت فقط كان تناول ماء الشرب في جميع أنحاء العالم محفوفًا بالمخاطر، كمن يلعب لعبة الروليت الروسية. عندما يخطر في بالنا تعريف للقتلة الذين كانوا يروّعون المدينة في القرن التاسع عشر يتبادر إلى ذهننا بشكل طبيعي جاك ذا ريبر (جاك المغتصِب)، الذي روّع شوارع «لندن». ولكن

القتلة الحقيقيين للمدينة في العصر الفيكتوري هي الأمراض التي كانت تتفشّى عن طريق مصادر مياه الشرب.

لقد كان هذا حرفيًا هو الثغرة القاتلة في خطة تشيسبرا للصرف الصحّي في «شيكاغو». لقد تصوّر وبشكل رائع استراتيجية من أجل إبعاد فضلات الحياة اليومية عن الشوارع والمراحيض والسراديب. إلا أن معظم أنابيب الصرف الصحّي كانت تصبّ في نهر «شيكاغو»، والذي يصب بدوره مباشرة في بحيرة «ميتشيغان»، المصدر الرئيس لمياه الشرب في المدينة. بحلول السبعينات من القرن التاسع عشر كانت المياه التي تغذي المدينة في حالة مزرية إلى درجة أنه كثيرًا ما كانت مغسلة ما أو حوض اغتسال (بانيو) يمتلئ بالأسماك الميتة نتيجة تسمّمها بقاذورات البشر وانتقالها إلى أنابيب تزويد المدينة بالمياه. وفقًا لأحد المراقبين: «كان السمك يخرج مطهوًا، كما أن بانيو أحد السكان كان على وشك الامتلاء بما أسماه المواطنون قرفًا باسم «حساء السمك»». تعتبر رواية ذا جنغل (الغابة) لمؤلّفها *أبتون سنكلير*، العمل الأدبي الأكثر تأثيرًا في تقاليد الصحافة الاستقصائية في الأوساط الناشطة سياسيًا. وقد اكتسب الكتاب قوّته من طبيعته الاستقصائية بكل ما للكلمة من معنى، حيث وصف قذارة شيكاغو في بداية القرن العشرين بتفصيل مؤلم، كما في وصفه لما يدعى الجدول الفَوّار، وهو أحد روافد نهر شيكاغو:

> كانت الشحوم والكيماويات التي تُسكب فيه تتعرّض إلى كل أشكال التحوّلات الغريبة، وهي السبب في إعطائه اسمه: الجدول الفوار؛ إنه في حركة دائمة، كما لو أن سربًا ضخمًا من السمك يتغذّى فيه، أو أن قطعان اللوياثان[1] تلهو في أعماقه. كانت فقاعات غاز الكربون تصعد إلى السطح وتتفجّر، لتشكل

(1) اللوثايان leviathans: هو وحش بحري مذكور في التوراة. المترجم.



عمال يتقدمون في إنجاز أعمال خط ميتروبوليتان لميترو الأنفاق
في كينغز كروس، لندن

حلقات بقطر 2–3 أقدام. وتتصلّب الشحوم والقذارة هنا وهناك، ويبدو سطح الجدول كما لو أنه مهد من اللافا، يتجوّل فوقه الدجاج، بحثًا عن الغذاء، وفي حالات عدة حاول غريب غافل عبوره، ليختفي مؤقتًا قبل أن يتم إنقاذه.

تكرّرت تجربة شيكاغو في أماكن أخرى حول العالم: أزالت تمديدات الصرف الصحي فضلات الإنسان من أقبية منازل البشر وحدائقهم، ولكنهم في معظم الأحيان كانوا يفرغون هذه الفضلات في مصادر مياه الشرب، إما مباشرة، كما في حالة شيكاغو، أو بشكل غير مباشر أثناء سقوط الأمطار. إن مجرد وضع مخططات لتمديدات

الصرف الصحي وأنابيب مياه الشرب على مستوى المدينة نفسها لن يكفي لمهمة الحفاظ على المدينة الضخمة نظيفة وصحية. كنا بحاجة أيضًا إلى فهم واستيعاب ما يحدث على مستوى المتعضيات الدقيقة. كنا بحاجة إلى نظريتين، إحداهما تربط الجراثيم بحدوث المرض، والأخرى تزوّدنا بطريقة لمنع هذه الجراثيم من إلحاق الضرر بنا.

عندما تتأمّل ثانيةً في ردة الفعل الأولية للمجتمع الطبي آنذاك تجاه نظرية علاقة الجراثيم بإحداث المرض، تبدو لك استجابته أكثر من كوميدية. إنها ببساطة لا يُعْتَدّ بها. من القصص المعروفة جدًا هي قصة الطبيب الهنغاري *إيغناز* سيميلويس الذي تعرّض لقدر كبير من السخرية والنقد من قبل المؤسسات الطبية عندما اقترح في العام 1847، أنه يتوجّب على الأطباء والجراحين غسل يديهم قبل معاينتهم المرضى (استغرقت عملية ترسيخ السلوكيات التي تقتضي اتباع إجراءات التطهير والتعقيم ضمن المجتمع الطبي حوالى نصف قرن، وبعد مضي زمن طويل على فقدان سيميلويس لعمله وموته في مصح عقلي). ما لا يعرفه الكثيرون أن سيميلويس بنى فرضيته على دراسات أجراها على حمَّى النِّفاس، حيث كانت النساء حديثي الولادة يَلقينَ حتفهن بعد الولادة بفترة قصيرة. أثناء عمله في مشفى فيينا العام، صادف سيميلويس تجربة طبيعية مرعبة: ضمَّ المشفى جناحين للتوليد، أحدهما للمرضى ميسوري الحال، والذي أشرف عليه الأطباء وطلاب كلية الطب، بينما كان الثاني للطبقة العاملة والذي أشرفت عليه القابلات القانونيات. كان معدل الوفاة بحمَّى النّفاس في جناح الطبقة العاملة، ولسبب مجهول، أقل منه لدى جناح الميسورين ماديًا. وبعد تقصّيه وبحثه في البيئة السائدة في كلّ من الجناحين، اكتشف سيميلويس أن الأطباء النخبة والطلاب كانوا يبدّلون مكان وجودهم جيئة وذهابًا بين توليد الأمهات والقيام بالأبحاث على الجثث في المشرحة. من الواضح أن عاملًا ممرّضًا كان يتم نقله

من الجثث إلى الأمهات اللاتي أنجَبْن حديثًا، وأنه يمكن إيقاف دورة العدوى باستعمال مطهر بسيط مثل الجِيْر المُكَلْوَر chlorinated lime.

قد لا يكون هناك مثالًا أكثر إدهاشًا عن مدى التغيير الحاصل في فهمنا للنظافة على مدى القرن والنصف الماضيين: فقد تعرض سيميلويس للسخرية والطرد من عمله ليس فقط لأنه تجرأ واقترح أن يغسل الأطباء أيديهم، وإنما لاقتراحه أن يغسل الأطباء أيديهم إذا أرادوا الانتقال بين التوليد وتشريح الجثث في اليوم نفسه.

إن هذا هو أحد المواقع التي يختلف فيها إدراكنا العام عن إدراك أسلافنا في القرن التاسع عشر. إنهم يبدون ويتصرّفون كالناس العصريين في جوانب عدّة. ولكن بين فترة وأخرى تظهر فجوة غريبة بيننا وبينهم، ليس فقط من ناحية الفجوات الواضحة لجهة درجة التعقيد التكنولوجي، وإنما من ناحية فجوات تتعلّق بالفطنة والإدراك. في عالمنا المعاصر نحن نفكّر في الصحة العامة بطرائق مختلفة جذريًا. لقد كان مفهوم الاغتسال غريبًا بالنسبة لمعظم الأمريكيين والأوروبيين في القرن التاسع عشر. ومن الطبيعي لك أن تفترض أن الاغتسال كان مفهومًا غريبًا بالنسبة لهم ببساطة لأن الماء الجاري وتمديدات الماء إلى المنازل والأدواش لم تكن متوفّرة للناس في تلك الفترة، كما هي متوفّرة لمعظمنا في العالم المتطوّر الآن. ولكن القصّة، في الحقيقة، أكثر تعقيدًا من ذلك. كانت الحكمة السائدة عن الصحة العامة في أوروبا، ابتداء من العصور الوسطى وصولًا إلى القرن العشرين، أن غمر الجسم بالماء هو أمرٌ غير صحيٍّ، لا بل خطيرٌ. وساد حين ذاك الاعتقاد بأن إغلاق مسامات الجلد بالأوساخ والزيت يحمي من الأمراض. في العام 1955، نصح أحد الأطباء الفرنسيين قائلًا: إن الاغتسال يملأ الرأس بالأبخرة الضارّة. إنه عدوّ للأعصاب والأربطة العضلية حيث يتسبب في ترهّلها، بطريقة ما، لدرجة أنه ما من إنسان يُصاب بداء النقرس (المفاصل) إلا نتيجة للاغتسال.

يمكن لك رؤية تأثير هذا الحُكم المسبق بشكل أكثر وضوحًا في ممارسات العائلة المالكة خلال القرنين السابع عشر والثامن عشر - أي بكلمات أخرى، نفس الناس الذين كان في مقدرتهم تمويل إنشاء حمامات وتزويدها بالماء والتصريف من دون تردّد. لم تزعج الملكة إليزابيت الأولى نفسها بأكثر من حمام واحد في الشهر الواحد، وهي التي كانت تُعَدّ من المهووسين الحقيقيين بالنظافة مقارنة مع أقرانها. أثناء طفولته، لم يدخل الملك لويس الثالث عشر الحمام حتى بلوغه سن السابعة من عمره. لم يُعتَبر الجلوس عاريًا في بركة ماء عملًا متحضّرًا يقوم به الأوروبيون؛ انتمى هذا الفعل إلى التقاليد البربرية التي كانت سائدة في الحمّامات العامة المنتشرة في منطقة الشرق الأوسط، وليس إلى أرستقراطية باريس ولندن.

بدأ الموقف يتغيّر ببطء مع بداية القرن التاسع عشر، وبشكل ملحوظ في كل من إنكلترة والولايات المتحدة الأمريكية. بنى الكاتب تشارلز ديكنز حمامًا باردًا متقنًا ومزوّدًا بدش ماء، وقد كان ديكينز مدافعًا عظيمًا عن الاستحمام يوميًا وعن ميزاته في الحفاظ على الصحة العامة وتجديد طاقة الجسم. ظهر جنس جديد من الكتب الصغيرة الحجم (كتب الجيب) والكرّاسات لتعليم الناس كيف يستحمون، واحتوت على تعليمات تفصيلية تبدو لنا الآن كما لو أن كاتبيها كانوا يدرّبون شخصًا ما على طريقة الهبوط بطائرة بوينغ 747. من الخطوات الأولى التي يقوم بها البروفسور هيغنز أثناء تهذيبه *إليزا دوليتل* في رواية جورج برنارد شو بيغماليون **Pygmalion** كان وضعها في حوض الاستحمام (البانيو) لتستحم. («هل تتوقّع مني أن أنزل في هذا وأرطب كامل جسمي»، قالت محتجّة، ثم أردفت: «اعفني من ذلك، فقد أموت نتيجة لذلك»). نصحت هاربيت بيتشر ستو وشقيقتها كاترين بيتشر بالاغتسال يوميًا، وذلك في كتابهما ذائع الصيت والصادر في العام 1869 بعنوان



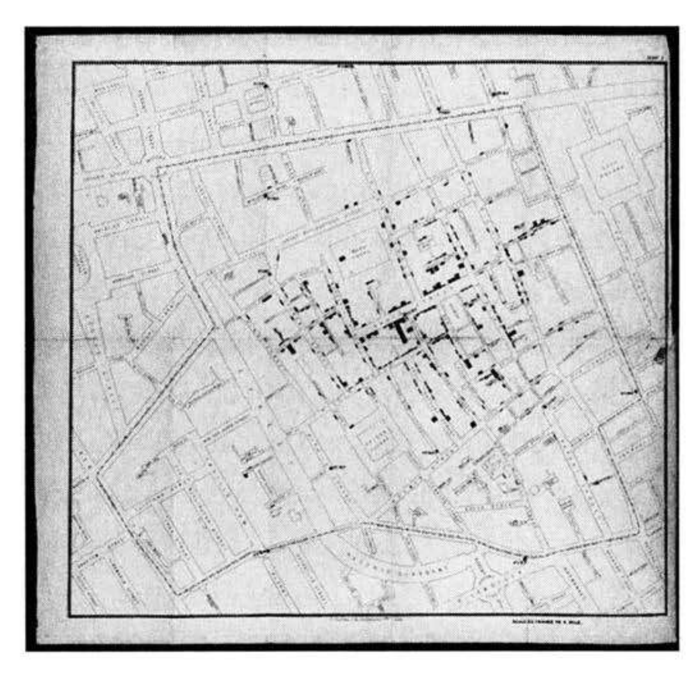



ملصق إعلاني أصدره المجلس المركزي
للصحة والتعليم (1927-1969)، 1955

«بيت المرأة الأمريكية[1]». بدأ القائمون على صيانة وإصلاح المدينة ببناء حمامات عامّة وأدواش في الأحياء الفقيرة المحيطة بالمدن في كافة أنحاء البلاد بحلول العقد الأخير من ذاك القرن - تكتب عالمة التاريخ كاثرين آشينبيرغ، أصبحت النظافة مرتبطة بشكل وثيق ليس فقط بالتقوى ومخافة الله وإنما بالطريقة الأمريكية في العيش. لم تكن فضائل الاستحمام واضحة بالطريقة التي نفكّر بها الآن. كان هناك حاجة لاكتشافها، والترويج لها، من خلال أدوات الإصلاح الاجتماعي إلى حد بعيد وأيضًا من خلال الحديث بين الناس. ومن المثير للدهشة أنه لم يكن هناك أي ذِكر للصابون عندما تبنى الناس فكرة الاستحمام في القرن التاسع عشر. لقد كان إقناع الناس بأن الماء لن يقتلهم أمرًا صعبًا بما فيه الكفاية، فما بالك باستعمال الصابون معه (وكما سنرى لاحقًا، فإن ما سيدفع الصابون لأن يصبح في النهاية متداولًا في القرن العشرين هو تقليد آخر: الدعاية والإعلان). ولكنّ المبشرين بمزايا الاستحمام تلقّوا دعمًا من التقاء عدة تطورات تكنولوجية وعلمية مهمة. إن التقدّم الحاصل في البنية التحتية المتوفّرة لعامة الشعب أدى إلى أن الناس في غالبيتهم أصبح لديهم ماء جارٍ في منازلهم ليملأوا به أحواض الاغتسال في حماماتهم، وأن الماء المتوفّر أصبح أكثر نظافة مما كان عليه قبل عقود عدة، والأهم من ذلك، أن نظرية الجراثيم التي تسبّب الأمراض انتقلت من كونها هامشية إلى إجماع علمي حول صحتها.

تم الوصول إلى هذه الصيغة الجديدة من خلال استقصاءَين متزامنين. الأول، كان العمل الاستقصائي الذي قام به جون سنو في «لندن»، والذي برهن للمرة الأولى أن الماء الملوث -وليس روائح وبائية ضارة- هو السبب في وباء الكوليرا، وذلك من خلال تتبع حالات الموت

(1) بيت المرأة الأمريكية: The American Woman's Home.



خريطة الكوليرا في سوهو وضعها العالم جون سنو

التي حدثت أثناء وباء «سوهو» وتثبيتها على الخريطة. لم يتمكن سُنو أبدًا من رؤية المتعضيات الصغيرة جدًّا (والتي أطلق عليها سُنو اسم أنيمالكيلز[1])، ولكنه تمكن من تحرّي هذه المتعضيات بشكل غير مباشر، من خلال تتبّع طرائق انتشار المرض في شوارع «لندن». في النهاية ستوجّه نظرية سنو حول انتقال المرض عن طريق الماء أول ضربة قاصمة لفرضيّة أن المرض يحدث بسبب روائح في الجو. إلا أن سنو نفسه لم يعش ليرى نظريته تنتصر. بعد موته المفاجئ في العام 1858، نشرت مجلة ذا لانست The Lancet نعيًا موجزًا له لم يأت على

(1) أنيمالكيلز animalcules: هي كلمة مصكوكة من كلمتين إنكليزيتين هما: animals وmolecules، أي الحيوانات بحجم الجزيئات. المترجم.

ذكر أي شيء عن عمله المبتكر في مجال الوبائيات. في العام 2014، نشرت المجلة نفسها «تصحيحًا» متأخرًا جدًّا للنعي المذكور فصّلت فيه مساهمات الدكتور سْنو المبدعة والأصيلة في مجال الصحة العامة.

إن النظرية الحديثة التي تقول إن مسبّبات الأمراض كالكوليرا والحمى التيفية هي متعضيات غير مرئية تنمو وتتكاثر في المياه الملوثة، وليس الروائح، اعتمدت -في النهاية- على ابتكار جديد في عالم الزجاج. بدأت الشركة المصنّعة للعدسات، زايس أوبتكال وُرْكس، في إنتاج مجاهر (ميكروسكوبات) جديدة في مطلع السبعينات من القرن التاسع عشر - وهي أجهزة تُصنع للمرة الأولى اعتمادًا على علاقات رياضية تصف سلوك الضوء. مكّنت هذه العدسات الجديدة عمل العلماء في مجال علم الجراثيم من أمثال روبرت كوخ، الذي كان واحدًا من أوائل العلماء الذين عرّفوا بكتيريا الكوليرا. (بعد تسلمه جائزة *نوبل* عن عمله في العام 1905، كتب كوخ لكارل زايس: «أنا مَدين في جزء كبير من نجاحي إلى مجاهركم الممتازة»). ساعد كوخ، مع منافسه العظيم لويس باستور في تطوير نظرية أن الأمراض تسبّبها الجراثيم، وفي التبشير بهذه النظرية.

من وجهة نظر تكنولوجية بحتة، يمثّل الاختراق العلمي الذي تحقّق في القرن التاسع عشر- أي معرفة أن الجراثيم غير المرئية قادرة على قتل الإنسان في مجال الصحة العامة - نوعًا من تضافر جهود في عدة مجالات منها مجال تطوير المجاهر.

في أيامنا هذه نحتفي بكوخ، عن حق، بسبب تمكّنه من الكشف عن عدد كبير من المتعضيات التي عرّفها باستعمال تلك العدسات التي طورتها شركة زايس. ولكن أبحاثه قادت إلى اختراقات أخرى ذات صلة، كانت لها نفس الأهمية، ولكن الاحتفاء بها أقل انتشارًا. لم يقتصر عمل كوخ على رؤية البكتيريا فقط، ولكنه طوّر أيضًا أدوات بالغة التعقيد

من أجل قياس كثافة (تعداد) البكتيريا في كمية محددة من الماء. لقد مزج الماء الملوّث بالبكتيريا مع جيلاتين شفّاف، وأظهر مزارع البكتيريا النامية على لوح زجاجي. أسس كوخ وحدة قياس يمكن تطبيقها على أي كمية من الماء - اعتبر الماء الحاوي على أقل من 100 مزرعة بكتيرية في كل ملليمتر صالحًا للشرب.

إن اكتشاف طرائق جديدة للقياس يخلق طرائق جديدة لصناعة الأشياء. وهكذا سمحت القدرة على قياس المحتوى البكتيري بمجموعة من مقاربات جديدة كليًا لموضوع الصحة العامة. قبل تبنّي وحدات قياس كثافة الجراثيم، كان علينا اختبار أداء التحسينات الجارية على نظام إيصال ماء الشرب بالطريقة التقليدية: فبعد بناء نظام تصريف جديد، أو خزانٍ أو أنبوبٍ لإيصال الماء، كان علينا الانتظار لنرى ما إذا كان عدد الناس الذين سيموتون نتيجة لهذه التحسينات سينخفض أم لا. إلا أن امتلاكنا القدرة على أخذ عيّنة من الماء والتحديد بالأرقام في ما إذا كانت خالية من أي تلوث عنى أنه يمكن تسريع عدد دورات التجريب بشكل كبير جدًا.

فتحت المجاهر والقدرة على القياس السريع جبهة جديدة في الحرب على الجراثيم: فبدلًا من محاربتها بشكل غير مباشر، عن طريق توجيه الفضلات بعيدًا عن مياه الشرب، أصبح ممكنًا استعمال مواد كيميائية جديدة لمهاجمة الجراثيم مباشرة. كان أحد الجنود الأساسيين على هذه الجبهة الثانية طبيب من «نيوجرسي» يدعى جون لِيل. مثلما كان جون سنو من قبله، كان جون لِيل طبيبًا يعالج المرضى، ولكن كان لديه اهتمام كبير بأمور أوسع تتعلّق بالصحّة العامة، وبشكل خاص تلك التي تتعلّق بمصادر المياه الملوثة. كان اهتمامه نابعًا من مأساة شخصية: عانى والده موتًا بطيئًا ومؤلمًا نتيجة لشربه ماءً ملوثًا بالبكتيريا خلال الحرب الأهلية. تقدّم لنا تجربة والده في الحرب صورة إحصائية مقنعة عن

الخطر الذي مثّله تناول الماء الملوّث مقارنة مع مخاطر صحية أخرى خلال هذه الفترة. لقد مات تسعة عشر رجلًا بين صفوف الفوج 144 نتيجة للعمليات الحربية، في حين كان عدد الذين ماتوا نتيجة المرض 178 رجلًا.

جرب لِيلْ عدة تقنيات لقتل البكتيريا، ولكن سُمًّا محددًا بدأ بإثارة اهتمامه العام 1889: هيبوكلوريت الكالسيوم، المادة الكيميائية التي قد تكون قاتلة والمعروفة أكثر باسم الكلور، وكذلك عُرِفت في ذلك الوقت باسم «كلور الجير». كانت هذه المادة الكيميائية واسعة الانتشار أساسًا كوسيلة للحفاظ على الصحّة العامّة: كان يجري تطهير البيوت والحارات التي تعاني من جائحة من الحمى التيفية أو الكوليرا روتينيًا بهذه المادة الكيميائية. ولكن لم تكن هذا التطهير ليُنتج أي أثر في مكافحة الأمراض التي تنتشر عن طريق الماء. إلا أن فكرة إضافة الكلور للماء لم تكن قد انتشرت بعد. لقد ارتبطت رائحة الكلور الحادة واللاذعة بشكل وثيق مع الأمراض الوبائية في أذهان قاطني المدن على امتداد الولايات المتحدة وأوروبا. لم تكن بالتأكيد هي الرائحة التي يرغب المرء في ملاحظتها في الماء الذي يشربه. رفض معظم الأطباء وسلطات الصحة العامة هذه المقاربة في معالجة المياه. احتجّ أحد الكيميائيين المعروفين قائلًا: «إن فكرة تطهير الماء كيميائيًا هي بحدّ ذاتها فكرة منفِّرة». إلا أن لِيلْ، متسلِّحًا بالأدوات التي مكّنته من رؤية الأحياء الدقيقة التي تقف وراء أمراض كالحمى التيفية والزحار، كما مكّنته من قياس وجود هذه الأحياء الدقيقة في الماء، غدا مقتنعًا أنه بإمكان الكلور، عندما يُستعمل بالجرعة الصحيحة، تخليص الماء من البكتيريا الخطرة بشكل أكثر فاعلية من أي وسيلة أخرى، وذلك من دون تشكيل أي خطر على سلامة ماء الشرب.

في النهاية حصل لِيل على عمل مع شركة جيرسي سيتي وتَرْ سَبْلاي Jersey City Water Supply Company، الشركة التي تزوِّد مدينة

«جيرسي» بالماء، يخوّله الإشراف على سلامة سبعة بلايين غالون من ماء الشرب في حوض نهر الباسيفيك. هيّأ هذا العمل الجديد المسرح لواحدة من أغرب وأجرأ المداخلات في تاريخ الصحة العامة. في العام 1908، كانت الشركة غارقة في معركة قضائية استمرت لفترة طويلة حول عقود (تساوي قيمتها مئات ملايين الدولارات بالقيمة الحالية للدولار) لتركيب خزّانات وأنابيب مياه كانت الشركة قد أتمّتها حديثًا. كان القاضي المشرف على القضية قد انتقد الشركة لعدم تقديمها ماء نقيًا وصحيًا، وأمر الشركة ببناء خطوط صرف صحي إضافية مرتفعة الثمن مصمَّمة خصيصًا لإبقاء العوامل الممرضة بعيدة عن ماء الشرب الخاص بالمدينة. ولكن *لِيل* كان يعرف أن فعالية خطوط الصرف الصحي ستكون محدودة. وبشكل خاص أثناء العواصف المطرية الكبيرة. ولذلك قرّر أن يضع تجاربه الأخيرة التي كان قد أجراها على استعمال الكلور في تطهير الماء موضع الاختبار الأقصى. تمكّن *لِيل*، بسرّية تامّة تقريبًا، ومن دون حصوله على أي إذن من السلطات الحكومية (ومن دون إعلام عامة الشعب في المدينة) من إضافة الكلور إلى خزانات مياه مدينة «جيرسي».

قام *لِيل*، بمساعدة المهندس جورج *وارن فيللر*، ببناء وتركيب «أداة لإضافة كلور الجير» إلى خزان بنونتون للماء الواقع خارج مدينة «جيرسي». لقد كانت مخاطرة مرعبة، إذا أخذنا في الاعتبار المعارضة الشعبية للتنقية الكيميائية التي كانت سائدة ذلك الحين. ولكن حكم المحكمة حَدَّ كثيرًا من الوقت المتوفر لديه لحل المشكلة، وهو كان يعلم أن الاختبارات المخبرية لم تكن تعني أي شيء للإنسان العادي، «لم يكن لدى *لِيل* الوقت الكافي لتنفيذ دراسة استطلاعية. هو بالتأكيد لم يكن لديه الوقت الكافي لبناء أداة على مستوى القيام بتجربة لاختبار التكنولوجيا الجديدة التي كان يقترحها». كتب جي *ماكواياد* في تقريره بعنوان ثورة الكلور The Chlorine Revolution. كان *لِيل* يعرف أنه فيما



ضحايا الكوليرا

لو فقد نظام توزيع كلور الجير السيطرة على كمية المادة الكيميائية التي يتم توزيعها في الماء، وحصل أن أعطيت جرعة عالية من بقايا الكلور إلى مدينة « جيرسي »، فإن ذلك سيعني فشل العملية برمّتها.

لقد كانت أول عملية في التاريخ تتم من خلالها معالجة شاملة بالكلور لمصادر مياه مدينة. ولكن بمجرّد انتشار الخبر، جعل الموضوع لِيلْ يبدو وكأنه رجل مجنون أو إرهابي. ففي نهاية الأمر، إن شرب عدة كاسات من هيبوكلوريت الكالسيوم قد تقتل الإنسان. ولكن لِيلْ كان قد أجرى تجارب كافية ليعرف أن كميات قليلة من هذا المُركّب لا تؤذي الإنسان ولكنها قاتلة لعدة أنواع وأشكال من البكتيريا. استُدعِي لِيل، بعد ثلاثة أشهر من تجربته، ليمثل أمام المحكمة للدفاع عما قام به. على مدى التحقيق معه، دافع لِيل بقوة عن ابتكاره في مجال الصحة العامة.

سؤال: دكتور، ما هي الأماكن الأخرى في العالم التي يمكن لك ذكرها والتي جرت فيها تجربة إضافة مسحوق قاصر (مسحوق تبييض) بنفس الطريقة لمصادر مياه الشرب في مدينة يبلغ عدد سكانها 200,000 شخص.

جواب: 200,000 شخص؟ لا يوجد أي مكان في العالم. لم يتم تجريب هذا أبدًا.

سؤال: لم يتم تجريبها أبدًا؟

جواب: ليس بالشروط نفسها ولا بالظروف نفسها، ولكنها ستُستعمل عدة مرات في المستقبل.

سؤال: مدينة «جيرسي» هي أول مدينة؟

جواب: أول مدينة تستفيد من هذا الابتكار.

سؤال: مدينة «جيرسي» هي أول مدينة جُرِّبت لإثبات في ما إذا كانت هذه التجربة جيدة أم سيئة؟

جواب: كلا سيدي، لتستفيد منها. المرحلة التجريبية نُفِّذت سابقًا.

سؤال: هل أعلمت سلطات المدينة أنك ستقوم بهذه التجربة؟

جواب: لا لم أفعل.

سؤال: هل تشرب هذا الماء المعامل بالكلور؟

جواب: نعم سيدي.

سؤال: هل ستتردّد في إعطائه لزوجتك وأولادك ليشربوه؟

جواب: أعتقد أنه الماء الأكثر أمانًا في العالم.

في النهاية كانت نتيجة المحاكمة نصرًا كاملًا تقريبًا للمهندس لِيل. كتب القاضي الخاص بهذه القضية «إنني أجد هنا وأقر بأن هذه الأداة قادرة على جعل الماء الذي يغذّي مدينة «جيرسي» نقيًا وصحيًا... وأنها فعالة في إزالة الجراثيم الخطرة من الماء». في غضون سنوات قليلة،

CHOLERA

AND

WATER.

BOARD OF WORKS

FOR THE LIMEHOUSE DISTRICT,
Comprising Limehouse, Ratcliff, Shadwell, and Wapping.

The INHABITANTS of the District within which CHOLERA IS PREVAILING, are earnestly advised

NOT TO DRINK ANY WATER

WHICH HAS NOT

PREVIOUSLY BEEN BOILED.

Fresh Water ought to be Boiled every Morning for the day's use, and what remains of it ought to be thrown away at night. The Water ought not to stand where any kind of dirt can get into it, and great care ought to be given to see that Water Butts and Cisterns are free from dirt.

BY ORDER,

THOS. W. RATCLIFF,
CLERK OF THE BOARD.

Board Offices, White Horse Street,
1st August, 1866.

تحذير من الكوليرا، 1866

أصبحت المعطيات التي تدعم تجربة لِيل الجريئة غير قابلة للنقاش: شهدت التجمعات البشرية التي نعمت بماء شرب معالج بالكلور، كسكان مدينة «جيرسي»، انخفاضًا حادًّا في الأمراض الناتجة عن ماء الشرب الملوث كالحمى التيفية. في إحدى اللحظات أثناء التحقيق في قضية محاكمة مدينة «جيرسي»، بادر المدعي العام باتهام جون لِيل بالسعي إلى الحصول على مكافآت مادية من وراء ابتكاره لمعاملة مياه الشرب بالكلور. قال له ساخرًا: «ما الذي كنت تسعى إليه من وراء نجاح التجربة؟ هل كنت تأمل في تجميع ثروة». قاطعه لِيل من مكانه في مقعد الشاهد باستهجان: «ما هو دخل الثروة هنا، بالنسبة لي الأمر هو عِلم». خلافًا للآخرين، لم يسعَ لِيل إلى تسجيل براءة اختراع للتقنية التي ابتكرها في معاملة مياه خزان بونتن بالكلور. بقيت فكرته متوفّرة من دون مقابل لأي شركة مياه شرب رغبت في تزويد زبائنها بماء «نقي وصحّي» متحرّرة من عبء براءات الاختراع وأجور الحصول على ترخيص، تبنّت المجالس البلدية في أنحاء الولايات المتحدة، ولاحقًا في كافة أنحاء العالم، عملية معاملة المياه بالكلور كإجراء روتيني.

منذ حوالى عقدين من الزمن، شرع بروفيسوران من جامعة هارفارد، هما ديفيد كتلر وغرانت ميلر، في التحقّق من وقع وتأثير معالجة الماء بالكلور (إضافة إلى تقنيات أخرى لتنقية الماء) خلال الفترة بين 1900 و1930، وهي الفترة التي طبّقت فيها تلك التقنيات على امتداد الولايات المتحدة الأمريكية. وبسبب توفّر معلومات شاملة عن معدلات الإصابة بالأمراض، وبشكل خاص عدد وفيات المرضى في مجتمعات سكانية متنوّعة في مختلف أنحاء البلاد، ولكون أنظمة المعاملة بالكلور قد انتشرت بطريقة مذهلة، تمكن كتلر وميلر من الحصول على صورة دقيقة عن تأثير المعالجة بالكلور في الصحة العامة. لقد وجدا أن توفّر ماء الشرب أدى إلى انخفاض في معدلات الوفيات الكلية ضمن أي

مدينة بمعدل ‎43٪‏. وكان الأكثر إثارة للإعجاب هو أن أنظمة تنقية الماء بواسطة الكلور خفّضت معدلات الوفاة لدى الرضع بنسبة 74 بالمائة، ولدى الأطفال بنفس النسبة تقريبًا.

من المهم التوقّف للحظة والتفكّر في أهمية هذه الأرقام، وذلك بغية إخراجها من قطاع الإحصاء الجاف المتعلق بالصحة العامة إلى عالم الخبرة الحيّة. حتى حلول بداية القرن العشرين، كان يفترض بالأهل أن يتوقّعوا فقدان واحد من أطفالهم على الأقل في سن مبكّرة. لقد كان فقدان الطفل، وهو ما يمكن اعتباره التجربة الأكثر إيلامًا التي يمكن لنا مواجهتها، ببساطة إحدى حقائق الوجود الروتينية. اليوم أصبحت هذه الحقيقة الروتينية، على الأقل ضمن المجتمعات المتطوّرة، حدثًا نادرًا. لقد تم تخفيض أحد أهم تحديات الحياة -الإبقاء على أطفالك آمنين من الأذى- بشكل كبير وذلك جزئيًا من خلال مشاريع هندسية ضخمة غير مرئية (تمديدات المياه والصرف الصحي، ومن خلال الاصطدام غير المرئي الحاصل بين مركبات هيبوكلوريت الكالسيوم والبكتيريا الدقيقة). لم يصبح الناس الذين كانوا وراء هذه الثورة أثرياء، وقلّة منهم أصبحوا مشاهير. ولكنهم تركوا بصمة في حياتنا هي الأكثر عمقًا.

مع ذلك، لم تتعلّق المعالجة بالكلور فقط بإنقاذ الأرواح، وإنما كان لها علاقة أيضًا بالمتعة والاستجمام. بعد الحرب العالمية الأولى، افتتحت في جميع أنحاء أمريكا عشرة آلاف حمّام وبركة سباحة يستخدم فيها كلّها بالكلور؛ لقد غدا تعلّم السباحة طقسًا من طقوس الحياة ومثلت هذه الفسحات المائية العامة جبهة متقدّمة في وجه التحدّيات التي برزت في مواجهة القواعد القديمة الخاصة باللياقة العامة خلال الفترة ما بين الحربين. قبل ظهور أحواض السباحة العامة، كانت النساء الذاهبات للسباحة تلبسن ثيابًا كاملة كما لو أنهن كُنَّ ذاهبات إلى التزلج على الثلج. بحلول منتصف العشرينات من القرن الماضي، بدأت النساء بإظهار

أرجلهن إلى ما تحت الركبة؛ وبعد سنوات قليلة ظهرت المايوهات المؤلفة من قطعة واحدة مع فتحة منخفضة تبدي قليلًا من العنق. وتلا ذلك سريعًا في منتصف العشرينات المايوهات ذات الظهر المفتوح، ليليها بسرعة المايوهات المؤلّفة من قطعتين. «بالمجمل، أصبحت أفخاذ النساء، خط الورك، الأكتاف، منطقة المعدة، وخط الصدر والظهر جميعها مكشوفة في المسبح خلال الفترة الواقعة بين 1920 و1940».
يكتب المؤرخ جيف ويلتز في كتابه بعنوان «المياه المتنازَعَة[1]»، الذي يعرض للتأريخ الاجتماعي للسباحة. يمكن لنا قياس مستوى التحوّل الحاصل من خلال متابعة بسيطة لكمية القماش المستعملة في حياكة لباس السباحة (المايوه)، كان لباس السباحة للإناث يتطلّب 10 ياردات[2] من القماش، وبحلول أواخر الثلاثينات من القرن الماضي، كان ياردًا واحدًا كافيًا لصناعة لباس السباحة. نميل إلى اعتبار فترة الستينات من القرن الماضي على أنها الفترة التي حصل فيها تغيّر جذريّ في السلوك الثقافي الذي أدى إلى تغيرات جذرية في الأزياء السائدة في الحياة اليومية، ولكن من الصعب لهذه الفترة أن تنافس مستوى كشف جسم المرأة الذي حصل خلال الفترة الفاصلة بين الحربين العالميتين بسرعة تشبه انتقال النار في الهشيم. بالطبع، من المحتمل أن أزياء النساء كانت ستجد طريقًا آخر لعرض جسد المرأة من دون ظهور المسابح العامة، ولكن يبدو أن هذا الشيء ما كان ليحصل بالسرعة نفسها التي حدث فيها من دون انتشار المسابح العامة. من دون أدنى شك، لم يكن إظهار أفخاذ النساء في المسابح في مقدمة ما جال في خاطر جون لِيل عندما أفرغ الكلور في خزان مياه مدينة «جيرسي»، ولكن، وكما هو الحال

(1) المياه المتنازَعَة Contested Waters
(2) الياردة: Yard وحدة لقياس الطول تعادل 91.44 سم (المترجم).

عندما يخفق الطائر الطنّان بجناحه، فإن أي تغيير في مجال ما يثير تغييرًا آخر يبدو للوهلة الأولى غير مرتبطٍ به في مكان آخر من الوجود: تموت بلايين البكتيريا بفعل تأثير هيبوكلوريت الكالسيوم، وبطريقة ما، وبعد مضي عشرين عامًا، يُعاد تشكيل السلوك العام الذي يحكم رؤية المجتمع تجاه إبراز جسد الأنثى. وكما هو الحال مع العديد من التغيرات الثقافية، لم تكن المعاملة بالكلور هي التي غيّرت منفردةً أزياء النساء، بل تلاقت العديد من القوى الاجتماعية والتكنولوجية لتجعل ملابس السباحة أصغر: ضروب متعدّدة من الحركة النسوية المبكرة، التفرّس الآسر لكاميرات هوليوود، ولا حاجة لذكر تأثير النجمات اللاتي كنَّ يرتدين ملابس السباحة تلك. ولكن من دون تبنّي المجتمع للسباحة كنشاط ترفيهي، كانت تلك الأزياء ستفقد واحدًا من أهم أساليب عرضها. أكثر من ذلك، غالبًا ما تحظى تلك العوامل الموضحة أعلاه، على أهميتها، بتغطية الصحافة برمَّتها. ما عليك إلا أن تسأل شخصًا عاديًا في الشارع عن العوامل التي تحرّك عالم أزياء النساء، وسيشير جميع من تسألهم إلى أن هوليوود أو المجلات التي تعنى بالأزياء والمجتمع على أنها أهم تلك العوامل، ولكنهم نادرًا ما يذكرون هيبوكلوريت الكالسيوم.

على امتداد القرن التاسع عشر، انتشرت تكنولوجيّات النظافة في قطاع الصحة العامة: مشاريع هندسية كبيرة، وأنظمة تنقية على مستوى ضخم. ولكن قصّة الصحّة في القرن العشرين هي قضية أكثر حميمية. فبعد سنوات قليلة فقط من تجربة *لِيل* الجريئة، استثمر خمسة من متعهديّ «سان فرانسيسكو» بمائة دولار لكل منهم في إطلاق منتج كيميائي يعتمد على الكلور. ستبدو هذه الفكرة جيدة إذا ما نظرنا إليها الآن، ولكن استثمارهم ذاك في محاليل الكلور استهدف الصناعات الكبيرة، ولم تتطوّر مبيعات هذا المنتج بالسرعة التي كانوا يأملون. إنما كان لدى زوجة أحد هؤلاء المستثمرين، *آن موري*، وهي مالكة لمحل مبيعات

في «أوكلاند، كاليفورنيا»، فكرةٌ أخرى: وهي احتمال وجود فرصة لأن يصبح محلول التنظيف المبني على مادة الكلور منتَجًا ثوريًا في منازل الناس كما في المصانع. ونزولًا عند إصرار موري، صنع المعمل منتَجًا بتركيز مخفّف من المادة الكيميائية ومعبًأ في زجاجات أصغر حجمًا. كانت موري مقتنعة جدًا بالمنتج إلى درجة أنها وزّعت عينات مجانية منه لجميع زبائنها في محل المبيعات الخاصّ بها. وخلال أشهر فقط، كانت زجاجات هذا المنتج تباع بكميات كبيرة. لم تدرك موري في حينه حجم مساهمتها، ولكنها كانت تساعد في اختراع صناعة جديدة تمامًا. لقد أوجدت آن موري أول محلول تنظيف منزلي في أمريكا، وكان هذا المنتج هو الأول في موجة من ماركات محاليل التنظيف التي ستعمّ كل مكان خلال القرن الجديد: وكان هذا المنتج هو الكلوروكس.

أصبحت زجاجات الكلوروكس شائعة إلى حد أن ما تركته جَدّاتنا منها أصبح يُستعمل من قبل علماء الآثار في أيامنا هذه في تحديد عمر الأحافير (كانت زجاجة الكلور سعة باينت[1] واحد حتى بدايات القرن العشرين تمثّل بالنسبة لعلماء الآثار ما تمثّله رؤوس السهم للعصر الحديدي أو ما تمثله الفخاريات للقرن الثامن عشر). رافق زجاجات الكلور منتجات صحة عامة أخرى إلى المنزل: صابون بالموليف، الليسترين ومزيل الرائحة الذي حاز على شعبية واسعة وكان يدعى أودورونو odorono. جرى الترويج لمنتجات الصحة العامة المشابهة لأول مرة من خلال إعلانات على صفحات كاملة في المجلات والصحف. بحلول العشرينات من القرن الماضي، كان الأمريكيون يتعرّضون لوابل من الرسائل الدعائية التي تحاول إقناعهم بأنه عار عليهم إذا هم لم يفعلوا شيئًا ما للتخلّص من الجراثيم على أجسامهم أو

(1) باينت pint: وحدة لقياس الحجم تعادل 473.17 مليليترًا. المترجم.

في منازلهم. (نشأ التعبير «أن تكوني وصيفة العروس مِرارًا وتكرارًا لن يجعلك عروسًا» مع إعلان الليسترين في العام 1925). عندما بدأ الراديو والتلفزيون بتجريب بث القصص في برامجهما، كانت شركات منتجات الصحة الشخصية رائدة في استعمال هذا الشكل من البرامج في تطوير أشكال جديدة من الإعلانات، وكانت تلك أشكال رائعة للتسويق ما زال حتى الآن مقيمًا معنا في البرامج التي يصطلح على تسميتها «السواب أوبرا soap opera». إن هذا هو أحد أغرب تأثيرات ظاهرة جناح الطائر الطنان في الثقافة المعاصرة: قد يكون وضع نظرية «أن الجراثيم هي السبب في حدوث المرض» قد خفّض نسبة الموت بين الرضع إلى الحدّ الأدنى من مستوياته التي كان عليها في القرن التاسع عشر، كما أنه جعل العمليات الجراحية وتوليد الأطفال أكثر أمانًا مما كانت عليه أيام سيميلويس. ولكنه أيضًا لعب دورًا أساسيًا في اختراع صناعة الإعلان الحديثة.

تبلغ قيمة صناعة التنظيف في وقتنا الحالي 80 بليون دولار. إذا ما دخلت أحد خازن البيع الضخمة (السوبر ماركت) أو مخزن بيع أدوية (صيدلية)، ستجد مئات، لا بل آلاف، المنتجات المتخصصة في تخليص المنازل من الجراثيم الخطرة: لتنظيف مغاسلنا ومراحيضنا، وأرض المنزل والفضّيات، وحتى أسناننا وأرجلنا. إن هذه المخازن هي بمثابة مخازن أسلحة في معركتنا ضد البكتيريا. من الطبيعي أن يشعر بعضنا الآن أن هوَسنا بالنظافة قد يكون زائدًا على حده. هناك بعض الأبحاث التي تشير إلى وجود ارتباط بين عالمنا الذي يزداد نظافة وبين ازدياد معدلات حدوث الربو والحساسية حيث تتطوّر أنظمة المناعة لدى أطفالنا الآن من دون أن تتعرّض للطّيف الكبير من أنواع الجراثيم الموجودة حولنا. لقد كان للصراع القائم بين الإنسان والبكتيريا على مدى القرنين الماضيين تبعات واسعة النطاق: ابتداء من الملاحقة التافهة



إعلان كلوروكس

لأزياء لباس السباحة وصولًا إلى الأثر الوجودي المتمثّل بتخفيض معدلات الموت لدى الرُّضَّع. إنّ فهمنا المتزايد للمسارات التي تسلكها الجراثيم في إحداث المرض قد مكّن مدننا من اختراق سقف عدد السكان الذي كانت مقتصرة عليه على امتداد الحضارة البشرية. فحتى العام 1800، لم يتجاوز عدد سكان أكبر مدينة تمكّن مجتمع ما من بنائها والإبقاء عليها مزدهرة المليونيّ شخص. عانت أولى المدن التي تحدّت هذا الحاجز وتجاوزته (لندن وباريس، ثمّ نيويورك) بشكل كبير من الأمراض التي تفشّت نتيجة لمشاركة عدد كبير من السكان في مساحة عمرانية صغيرة نسبيًا. كان العديد من متتبّعي الحياة المدنية المنطقيين مقتنعين بأن تلك المدن لا يجوز أن تنمو إلى هذا الحدّ، وأن لندن ستنهار في النهاية إلى حجم أصغر قابل للإدارة، كما حصل «لروما» قبل ذلك بألفي عام. ولكن حلّ مشكلات مياه الشرب وإيجاد وسائل موثوقة للتخلّص من الفضلات غيّر هذا التصور برمته. بعد مضي مائة وخمسون عامًا على أول جولة كبرى قام بها *إليس تشيسبرا* على أنظمة الصرف الصحي في أوروبا، أصبح عدد سكان مدن مثل لندن ونيويورك يقارب العشرة ملايين قاطنٍ، نتيجة لارتفاع معدلات العمر والانخفاض الكبير في معدلات الأمراض المعدية مقارنة مع تلك التي كانت سائدة بين أسلافهم من العصر الفيكتوري.

إن المدن التي تضمّ مليوني أو عشرة ملايين قاطنٍ لم تعد هي المشكلة الآن. بل تكمن المشكلة في المدن التي يطلق عليها الآن اسم «المدن العملاقة megacities»، مثل مومباي وساو باولو والتي ستضم قريبًا ثلاثين مليون إنسان أو أكثر، يعيش العديد منهم في تجمعات غير منظمة -أحياء فقيرة (مدن الصفيح وأبنية المخالفات «فافيلاز favelas[1]»)-

---

(1) فافيلاز favelas: هو الاسم الذي يطلق على أبنية المخالفات المكتظة في البرازيل. المترجم.

والتي هي أشبه بمدينة شيكاغو الذي اضطرّ تشيسبرا إلى رفعها بكاملها عن مستوى الأرض من أجل وضع تمديدات الصرف الصحي تحتها، منها بمدينة معاصرة في العالم المتطور. إذا ما نظرت إلى شيكاغو ولندن اليوم، لوجدت أنهما تنطويان على قصة تَقدم لا جدال حولها على مدى قرن ونصف ماضيين: الماء أنظف، معدلاتُ الوفيات أخفض، انعدام تام تقريبًا للأمراض المعدية. مع ذلك يوجد اليوم أكثر من ثلاثة بلايين شخص (عدد سكان العالم اليوم تجاوز السبعة بلايين) حول العالم يفتقرون إلى ماء الشرب النظيف، وإلى أنظمة الصحة العامة حتى بشكلها البدائي. ونحن كجنس بشري تراجعنا إلى الخلف إذا ما اعتمدنا لغة الأرقام المطلقة (في العام 1840 كان عدد سكان العالم بليون شخص فقط). لذلك، إن السؤال الذي يواجهنا الآن هو كيف ننقل ثورة النظافة العامة إلى الأحياء الفقيرة والعشوائيات، وليس إلى جادة «ميتشيغان» فقط.

تقول الفرضية التقليدية في هذا الخصوص إنه على هذه التجمعات البشرية أن تتبع المسار نفسه الذي تبعه سْنو، وتشيسبرا، ولِيلْ وكل الأبطال الآخرين الذين لم نسمع بهم، الذين أسّسوا البنية التحتية التي حسّنت الصحة العامة: فهم بحاجة إلى مراحيض موصولة إلى أنظمة صرف صحي ضخمة تتخلّص من الفضلات من دون أن تلوث خزانات مياه الشرب التي تضخ ماءً نقيًا للناس، يتم توزيعه من خلال نظام دقيق إلى البيوت مباشرة. إلا أن سكان هذه المدن العملاقة (ميغاسيتيز) -بالإضافة إلى مبتكرين في مجال التطور العالمي- يعتقدون بشكل متزايد بأنه لا يجب على التاريخ أن يعيد نفسه.

لم تكن فرصة معالجة مياه مدينة «جيرسي» بالماء لتتوفّر لجون لِيل، مهما كانت جرأته وتصميمه، في حال قُدِّر له العيش في جيل سابق لجيله.

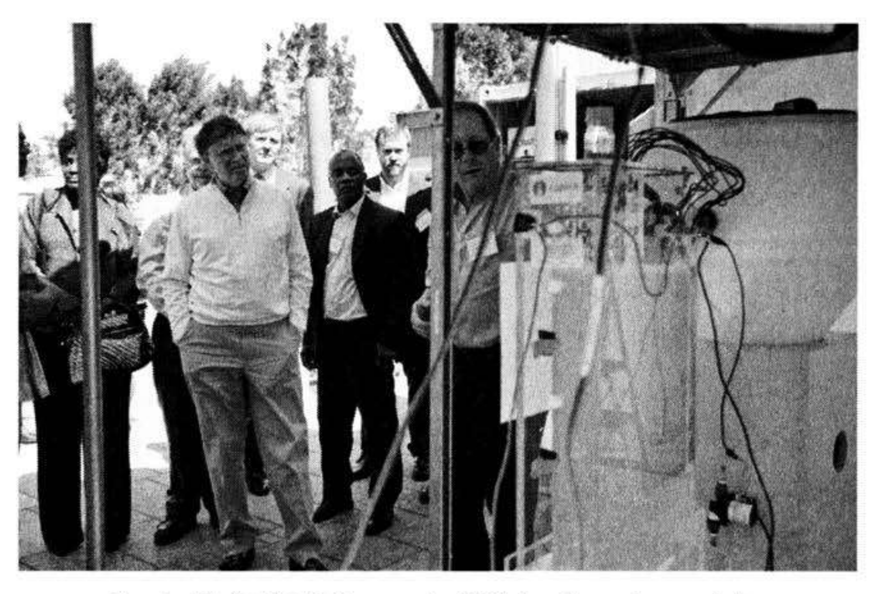
والسبب هو، بكل بساطة، أن العلوم والتكنولوجيا التي مكّنته من معالجة الماء بالكلور لم تكن قد اختُرِعت بعد. لقد أعطته الخرائط والعدسات والكيمياء ووحدات القياس التي اجتمعت جميعها في النصف الثاني من القرن التاسع عشر منَصَّة للاختبار إلى درجة أنه قد يكون من العدل الافتراض أنه لو لم يكن جون *ليل* هو من جلب معاملة الماء بالكلور فإن شخصًا غيره كان سيفعل ذلك خلال عقد من الزمن، إن لم يكن قبل ذلك. يقودنا كل هذا إلى السؤال التالي: إذا كانت الأفكار الجديدة والتقنيات الجديدة قد مكنتنا من تخيل حلول جديدة لمشكلات قائمة، بنفس الطريقة التي حفّزت فيها نظرية الجراثيم والميكروسكوبات فكرة المعاملة الكيميائية للماء، ألا يتوفّر لدينا الآن زخم كافٍ من الأفكار الجديدة المتراكمة منذ أيام جون *ليل*، يمكنها أن تمنحنا نموذجًا جديدًا من أَشكال الحفاظ على نظافة مدننا الآن، نموذجًا يمكنه تجاوز المشاريع الهندسية الكبيرة بالكامل؟ نموذجًا يقودنا إلى مستقبل معَدّ لنا لنتشاركه جميعًا. من المعروف أن العالم الثالث التفَّ حول مسألة البناء الشاق لبعض البنى التحتية الخاصة بخطوط الهاتف السلكي، متجاوزًا اقتصادات أكثر تطورًا، وذلك من خلال بناء قاعدة الاتصالات لديه حول تكنولوجيا الاتصالات اللاسلكية. أَمِنَ الممكن لنموذج مشابه أن يتجلّى في حالة أنظمة الصرف الصحي؟

في العام 2011، أعلنت مؤسسة *بيل* و*ماليندا* غيت عن مسابقة للمساعدة في التحفيز على إحداث تغيير في النموذج الموجود في أذهاننا حول خدمات الصحة العامة. التمست المسابقة، والتي أطلق عليها الاسم اللافت «تحدّي إعادة اختراع المرحاض»، تصاميم لمراحيض لا تتطلّب وصلها إلى نظام صرف صحي ولا كهرباء ولا تزيد كلفتها على خمسة سنتات لكل من يستعملها يوميًا. كان التصميم الفائز هو نظام مرحاض من تصميم شركة كالتيك وهو يستعمل خلايا تنتج

كهرباء من الطاقة الشمسية لتزود مفاعلًا كهرو-كيميائيًا يعالج فضلات الإنسان وينتج ماء نظيفًا من أجل دفقه في المرحاض أو من أجل الري، وهيدروجينًا يمكن أن يُخزَّن في خلايا تخزين الوقود. إن هذا النظام ذاتي التشغيل بالكامل، لا يحتاج إلى شبكة كهربائية، أو خطوط صرف صحي، أو محطة معالجة للفضلات. الشيء الوحيد الذي يحتاجه هذا المرحاض، فيما عدا ضوء الشمس وفضلات الإنسان، هو مجرّد ملح الطعام، الذي تتم أكسدته من أجل الحصول على الكلور الذي يُستعمل في معالجة المياه.

قد تكون جزيئات الكلور هي الجزء الوحيد من المرحاض الذي يمكن لجون لِيل تمييزه، لو كان موجودًا بيننا الآن. ويعود هذا إلى أن هذا المرحاض يعتمد على أفكار جديدة وتكنولوجيا لم تصبح جزءًا من الحيّز المجاور للممكن تنفيذه إلا في القرن العشرين، وهي أدوات نأمل أنها ستمكّننا من تجاوز الأعمال المكلفة والمجهدة المرتبطة بإنشاء مشاريع بنى تحتية عملاقة. احتاج جون لِيل إلى المجاهر والكيمياء ونظرية الجراثيم من أجل تنظيف مصادر المياه في مدينة "جيرسي"، وسيحتاج مرحاض كيلتيك إلى خلايا وقود هيدروجينية، ولواقط شمسية، وإلى رقاقات كومبيوتر رخيصة الثمن وخفيفة الوزن من أجل رصد وتنظيم عمل هذا النظام.

ومما يدعو إلى المفارقة، أن هذه الرقاقات الدقيقة المستعملة في الكومبيوترات هي نفسها، وبشكل جزئي، ناتج ثانوي عن ثورة النظافة. إن رقاقات الكومبيوتر هي تخليق غاية في التعقيد - ورغم أنها، في النهاية، نتاج الذكاء البشري، إلا أن تفاصيلها المجهرية هي من الصعوبة بحيث تجعلنا غير قادرين على إدراكها. فمن أجل قياس أبعادها نحن بحاجة إلى النزول إلى مستوى الميكروميتر على سلم القياس، أو الميكرونات:

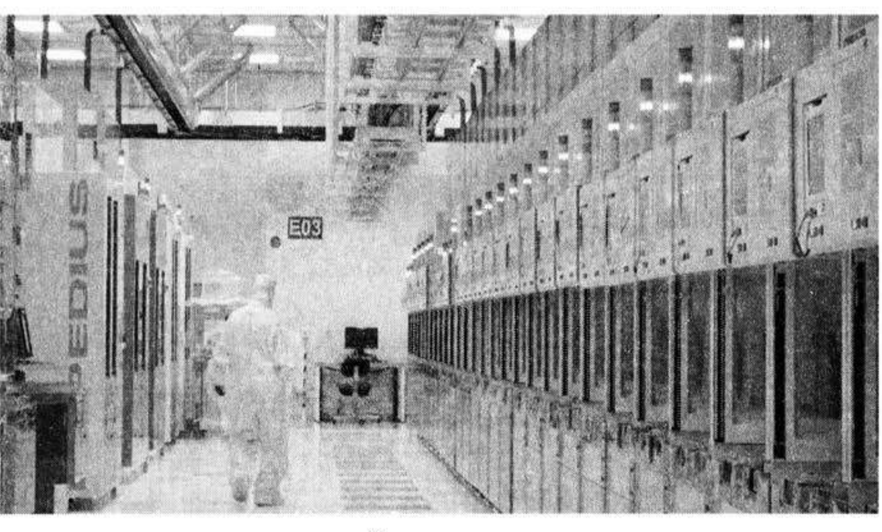


بيل غيتس يتفحص الجهاز الفائز في تحدي "إعادة اختراع المرحاض"
عام 2011

وهذه تعادل جزءًا من مليون جزء من المتر. إن قياس خليّة واحدة من خلايا الجلد لدينا هو ثلاثين ميكرونًا. بينما يبلغ عرض بكتيريا الكوليرا ثلاثة ميكرونات. إن المسارات والترانزيستورات التي تنساب عبرها الكهرباء على رقاقة الكومبيوتر -حاملة تلك الإشارات التي تمثل الأصفار والآحاد الخاصّة بنظام التشفير الثنائي binary code- يمكن أن تكون من الصغر بحيث لا تزيد على عُشْر واحد من الميكرون. يتطلّب التصنيع على هذا القياس روبوتات خارقَة وأدوات ليزَرية؛ إذ لا يوجد شيء يدعى رقاقة كومبيوتر دقيقة مصنوعة يدويًا. إلا أنّ مصانع رقاقات الكومبيوتر تتطلّب نوعًا آخر من التكنولوجيا لا نربطه عادة بعالم التقنيات العالية. إنها تحتاج أن تكون فائقة النظافة. إن سقوط ذرة غبار منزلي على واحدة من رقاقات السيليكون هذه سيكون بمثابة سقوط قمة إفيرست في شوارع «مانهاتن».

إن بيئات معامل الرقاقات الدقيقة من أمثال مصنع «تكساس» انسترومنت ميكروتشيب في «أوستن - تكساس»، هي واحدة من أنظف البيئات في العالم. عليك من أجل أن يُسمح لك بدخول هذا المكان أن ترتدي لباسًا كاملًا نظيفًا، يغطّي جسمك كاملًا من الرأس حتى أظافر الأرجل بمواد معقّمة لا يتناثر عنها أي شيء. عادةً، عندما تجد نفسك بحاجة إلى ارتداء مثل هذا الرداء المغرق في الحماية، فإنك تفعل ذلك من أجل حماية نفسك من بيئة ما تشكل خطرًا عليك: كأن تحمي نفسك من برد قارس، أو من العوامل المُمْرِضة، أو من تفريغ الجو المحيط بك. أما في حال الغرف النظيفة فالأمر معكوس تمامًا، إذ إن الرداء الذي تلبسه من أجل دخولك هذه الغرف مصمَّم من أجل حماية المكان الذي يحويك منك. في هذه الحالة، أنت هو العامل المُمْرِض الذي يهدّد المكوّنات القيّمة لرقاقة الكومبيوتر التي تنتظر ولادتها. إن الإنسان من وجهة نظر رقاقة الكومبيوتر الدقيقة هو بمثابة حظيرة خنازير مليئة بالأوساخ، أو هو غيمة من الغبار. عندما تغتسل قبل دخولك الغرف النظيفة، من غير المسموح لك استعمال الصابون لأن معظم أنواع الصابون معطرة وقد يكون العطر مصدرًا للملوثات. حتى الصابون في هذه الحالة هو من القذارة بحيث لا يمكن استعماله في الغرفة النظيفة.

كذلك هناك تناظر غريب بين الغرفة النظيفة وتنقية مياه الشرب، تناظرٌ يعيدنا إلى الرواد الأوائل الذين جهدوا لتنقية مياه الشرب المستعملة في مدنهم: من أمثال *إليس تشيسبرا*، وجون سنو، وجون *ليل*. يتطلب إنتاج رقاقات الكومبيوتر الدقيقة كميات كبيرة من المياه، إلا أن هذه المياه مختلفة جذريًا عن المياه التي نشربها من الصنبور. فمن أجل تجنّب الشوائب تستعمل مصانع رقاقات الكومبيوتر ماء H_2O نقيًا، جرت تنقيته ليس فقط من الملوّثات البكتيرية، بل أيضًا من كل المعادن والأملاح وأية شوارد (أيونات) أخرى تتواجد في الماء الطبيعي المفلتَر. بعد تنقية



منظر داخلي في مبنى شركة أدوات تكساس

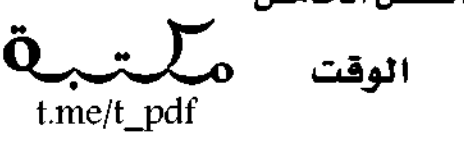
الماء من كافة الشوائب والملوّثات نحصل على ما يسمى «ماء فائق النقاوة»، وهو المحلول الملائم تمامًا لإنتاج الرقائق الدقيقة للكومبيوتر. ولكن هذه العناصر المفقودة من الماء فائق النقاوة تجعل هذا الماء غير صالح للشرب من قبل الإنسان: تناولْ كأسًا واحدة من هذا الماء وستبدأ شوارد المعادن بالتسرب من جسمك لتخرج مع البول. بإنتاج الماء فائق النقاوة نكون قد أتممنا حلقة كاملة في رحلة الحصول على الماء النظيف: ساعدت بعض من الأفكار الرائعة في العلم والهندسة خلال القرن التاسع عشر على تنقية الماء الذي كان غير صالح للشرب بسبب قذارته. والآن، وبعد مائة وخمسين عامًا، صنّعنا ماءً غير صالح للشرب بسبب نقاوته الفائقة.

وأنت تقف في الغرفة النظيفة، يعود ذهنك إلى أنابيب الصرف الصحي تحت الطرقات في المدن التي نقطنها، ويتأمّل في قطبيّ نقيض من تاريخ النظافة. كان علينا، من أجل بناء العالم الحديث، أن نُخلِّق

حيزًا منفرًا إلى حدٍّ لا يمكن تخيله، ألا وهو نهر من القذارة يجري تحت الأرض، وأن نعزله تمامًا عن حياتنا اليومية. وفي الوقت نفسه، ومن أجل صنع الثورة الرقمية، كان علينا أيضًا تخليق بيئة فائقة النظافة، وأن نعزلها، مرة ثانية، عن حياتنا اليومية. لا يتسنّى لنا أبدًا رؤية هاتين البيئتين، ولذلك تغيبان عن وعينا تمامًا. إننا نمجّد الأشياء التي مكّنتنا هاتان البيئتان من بنائها -ناطحات سحاب شاهقة وكومبيوترات تزداد قوتها التشغيلية يومًا بعد يوم- ولكننا لا نمجّد تمديدات الصرف الصحي ولا الغرف النظيفة بحد ذاتها. مع ذلك فإن الإنجازات التي تحقّقت بفضلهما تحيط بنا في كل مكان.

الفصل الخامس

الوقت



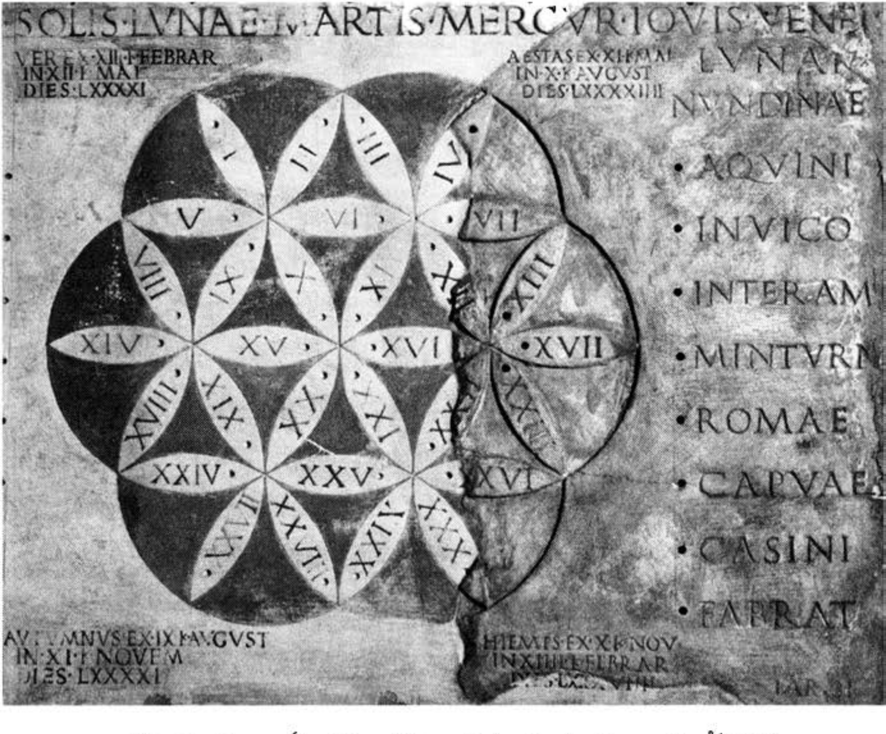
في تشرين الأول (أكتوبر) من العام 1967 تجمّعت مجموعة من العلماء من مختلف أنحاء العالم في باريس من أجل حضور مؤتمر بعنوان متواضع «المؤتمر العام حول الأوزان والمقاييس». إذا كنتَ من المحظوظين الذين تسنى لهم حضور مؤتمر أكاديمي سابقًا، سيكون لديك فكرة عما يدور في مثل هذه الفعاليات: يتم تقديم ورقات بحثية إضافة إلى نقاش من قبل اللجان العلمية والمجتمعين، يتخلّل هذه المحاضرات جلسات نقاش غير رسمية مع فنجان من القهوة؛ وفي الفندق والبار ليلًا هناك الكثير من النميمة والشجار. يحظى الجميع بوقت جيد، ولا يتم إنجاز الكثير من العمل. ولكن المؤتمر العام حول الأوزان والمقاييس حادَ عن هذه التقاليد الثابتة. ففي الثالث عشر من تشرين الأول من العام 1967، اتفق الحضور على تغيير التعريف الأساسي للوقت.

على امتداد التاريخ البشري تقريبًا، كان الوقت يُحسب عن طريق متابعة إيقاع الأجرام السماوية. إن إحساسنا بالوقت، كما هي الحال بالنسبة للأرض، يدور في فلك الشمس. كانت الأيام تُعرَّف وفقًا لشروق الشمس وغروبها، والأشهر تعرَّف وفقًا لدورات القمر، والسنوات تِبعًا للإيقاع البطيء، ولكن المتوقَّع، للفصول. على امتداد التاريخ، أخطأنا في فهم الأسباب الكامنة وراء هذا النظام، حيث كنا نفترض أن الشمس تدور حول الأرض، وليس العكس. بنينا شيئًا فشيئًا أدوات لقياس

انسياب الوقت بشكل أكثر مصداقية: اخترعنا المِزوَلة (الساعة الشمسية) من أجل تتبع مرور اليوم؛ ومراصد لمراقبة السماء من أمثال بناء «ستون هنج» لتتبع معالم الفصول، كالانقلاب الصيفي مثلًا. بدأنا بتقسيم الوقت إلى وحدات أقصر -ثوانٍ ودقائق وساعات- مع اعتماد هذه الوحدات على قاعدة العدّ الاثني عشرية التي ورثناها عن المصريين والسومريين. عُرِّف الوقت بواسطة تقسيمات مدرسية: كانت الدقيقة واحدًا من ستين جزءًا من الساعة، والساعة جزءًا واحدًا من 24 ساعة. وكان اليوم ببساطة هو الوقت المنقضي بين اللحظتين اللتين تكون فيهما الشمس أعلى ما تكون في قبة السماء.

ولكن منذ ستين عامًا، ومع ازدياد دقّتنا في قياس الوقت، بدأنا بملاحظة عيوب في البندول السماوي (الإيقاع السماوي). لقد تبيّن، حقيقةً، وجود تذبذب في اتساق الساعة السماوية. هذا هو الشيء الذي أخذ المؤتمر العام للموازين والمقاييس على عاتقه التصدّي له. إذا أردنا تحقيق الدقة في قياسنا للوقت، كان علينا استبدال أكبر كينونة في النظام الشمسي بواحدة من أصغر الكينونات.

تأتي كاتدرائية دومو دي بيزا في المرتبة الثانية بعد برج بيزا المائل الذي يقع بجانبها، من حيث اهتمام السياح. ولكن الكاتدرائية التي يبلغ عمرها الألف عام، بواجهتها ذات الحجر الرخام الأبيض، تعتبر من عدة جوانب بناء أكثر روعة من البرج المائل بجانبها. لو وقفتَ في صحن الكتدرائية ونظرت نحو الأعلى باتجاه قوس الموزاييك من القرن الرابع عشر، سيكون بإمكانك استحضار لحظة من الذهول ستقودك في النهاية إلى تغيير علاقتك بالوقت. تتدلّى من السقف مجموعة من مصابيح الهيكل (المذبح). هذه المصابيح هي الآن ثابتة، ولكن الأسطورة تقول، إنه في العام 1583 كان طالب من جامعة بيزا، يبلغ من العمر 19 عامًا، يحضر الصلاة في الكاتدرائية، وبينما كان مستغرقًا في أحلام يقظته وهو



روزنامة نَنْدينال، روما. طور قدماء شعب الإتروسكنس أسبوع تسوق مؤلف من ثمانية أيام عُرِف باسم دورة نَنْدينال حوالي القرن الثامن أو السابع قبل الميلاد

جالس في أحد المقاعد الخشبية، لاحظ أن أحد مصابيح الهيكل ينوس جيئة وذهابًا. وبينما كان المصلون من حوله يرتّلون بإخلاص التعاليم الدينية، بدا الطالب كما لو أنه منوَّم مغناطيسيًا تحت تأثير حركة المصباح المنتظمة. فبغضّ النظر عن ضخامة القوس، بدا المصباح المعلّق وكأنه يستغرق الوقت نفسه لإتمام حركته جيئة وذهابًا. كذلك، كلما صغر طول القوس كلما انخفضت سرعة حركة المصباح. وليتأكّد من ملاحظاته، قاس الطالب زمن تأرجح المصباح مستعملًا الساعة الوحيدة التي كانت بحوزته: عدد نبضات قلبه. يهتدي معظم من هم في سن التاسعة عشرة

إلى طرائق أقل مقاربة للعلم لتساعدهم في صرف انتباههم أثناء الصلاة، ولكنّ هذا الطالب الجديد في الجامعة لم يكن أي طالب عادي، لقد كان *غاليليو غاليلي*. يفترض بنا ألا نتفاجأ إذا كان غاليليو يحلم في يقظته بالوقت وإيقاعه. كان أبوه منظّرًا في علم الموسيقى وكان يعزف على آلة اللوت. في منتصف القرن السادس عشر، يُفتَرَض أن العزف على آلة موسيقية كان واحدًا من أكثر الفعاليات دقة في ملاحظة الوقت أثناء أداء نشاطات الحياة اليومية. إن المصطلح الموسيقي «إيقاع» «tempo» مأخوذ من الكلمة الإيطالية التي تعني الوقت. ولكن، في عصر *غاليليو* لم يكن هناك بعد آلات قادرة على إعطاء إيقاع مضبوط؛ لن يُختَرَع المترونوم إلا بعد مضي عدة قرون على عصر *غاليليو*. وهكذا، ساهمت رؤيته لمصباح الهيكل يتأرجح جيئة وذهابًا في زرع فكرة جديدة في ذهن *غاليليو* الشاب؛ ولكن، وكما هي الحال غالبًا، سيتطلّب الأمر عقودًا قبل أن تثمر هذه البذرة شيئًا مفيدًا.

أمضى *غاليليو* العشرين عامًا التي تلت في تحصيله العلمي ليصبح بروفيسورًا في الرياضيات، وأجرى تجارب عديدة بمساعدة التلسكوب، واخترع بشكل ما العلم الحديث، ولكنه نجح مع ذلك في الإبقاء على ذكرى مصباح الهيكل المتأرجح حية في ذهنه. ومع تنامي تعلّقه بعلم الديناميك، أي دراسة حركة الأشياء في الفراغ، قرّر بناء بندول قادر على إعادة تخليق ما كان لاحظه في كاتدرائية دومو دي *بيزا* منذ سنين عدّة. لقد اكتشف أن الوقت اللازم لتأرجح النوّاس لا يعتمد على حجم القوس الذي يقطعه أو على كتلة الجسم المتأرجح، وإنما يعتمد فقط على طول الحبل الذي يحمله. كتب إلى زميله العالم جيوفاني *باتيستا*: «الميزة الرائعة في البندول هي أن اهتزازاته كلها، صغيرة كانت أم كبيرة، تستغرق أوقاتًا متساوية».



ضوء الهيكل المتأرجح داخل كاتدرائية دي بيزا

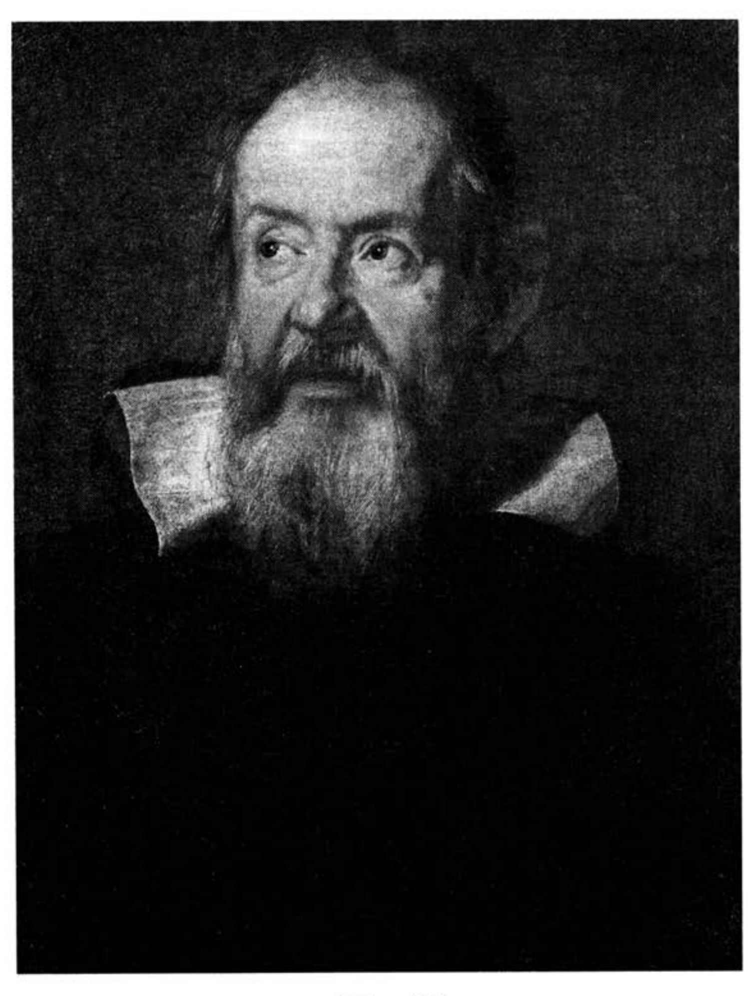
أوقات متساوية! إن أي ظاهرة طبيعية أو آلة ميكانيكية تبدي مثل هذه الدقة كانت في عصر *غاليليو* شيئًا عجيبًا. كان لدى معظم المدن الإيطالية في تلك الفترة ساعات ميكانيكية ضخمة وغير عمليّة وتعطي نسخة غير دقيقة من التوقيت الصحيح، أي تعطي الوقت بشكل تقريبي، وكان لا بد من تصحيح توقيتها بشكل دائم باستعمال المِزْوَلة الشمسية، وإلا فإنها ستقصّر في إعطاء الوقت الصحيح بمعدل عشرين دقيقة يوميًا. هذا يعني، أن أفضل تكنولوجيا موجودة لمعرفة الوقت كانت تحافظ على دقة التوقيت الصحيح على مستوى أيام فقط. إن فكرة إعطاء التوقيت الدقيق على مستوى الثواني كانت أمرًا غير معقول.

لم تكن تلك فكرة غير معقولة فقط، وإنما غير ضرورية أيضًا. تمامًا كما كانت فكرة *فريدريك تيودور* حول التجارة بالجليد، لقد كانت ابتكارًا لا تتوفّر له سوق طبيعية. لم يكن بإمكانك ضبط الوقت بشكل دقيق في منتصف القرن السادس عشر، ولكن أحدًا لم يلحظ ذلك، ببساطة لأنه لم

تكن هناك حاجة إلى دقّة في التوقيت على مستوى الثواني. لم تكن هناك مواعيد لاستقلال رحلات الباص، أو برامج تلفزيونية تجب متابعتها، أو دعوات لحضور مؤتمرات في أوقات محددة. كان يكفي أن تعرف تقريبًا في أي ساعة من اليوم أنت لتسير أمور حياتك بشكل جيد.

ستظهر الحاجة إلى دقة التوقيت على مستوى جزء من الثانية ليس من خلال التقويم وإنما من خلال الخريطة. لقد كان هذا العصر، في النهاية، أول عصر شهدت فيه الملاحة العالمية انتشارًا عظيمًا، فقد أبحرت السفن، مستلهمة رحلات كولومبوس، إلى الشرق الأقصى وإلى أمريكا المكتشفة حديثًا، سعيًا وراء ثروات طائلة بانتظار من ينجح في عبور المحيطات (وكان الموت المحقّق بانتظار من يضلّ طريقه). ولكن، لم يكن لدى البحّارة أية وسيلة لتحديد موقعهم في البحر بالنسبة إلى خطوط الطول. كان بإمكانك تحديد موقعك على الأرض بالنسبة لخطوط العرض من مجرّد النظر إلى السماء. ولكن قبل اختراع تكنولوجيا الملاحة الحديثة، كانت الطريقة الوحيدة لتحديد موقع السفينة بالنسبة لخطوط الطول تعتمد على ساعتين يُضبط توقيت إحداهما على التوقيت الدقيق في نقطة انطلاق السفينة (على فرض أننا نعلم موقع هذه النقطة بالنسبة لخطوط الطول)، في حين تسجّل الساعة الأخرى الوقت في موقع السفينة في البحر. يحدّد الفرق في التوقيت بين الساعتين موقعك في البحر بالنسبة إلى خطوط الطول: حيث تُشير كل أربع دقائق فرق في التوقيت إلى درجة من درجات خطوط الطول، أو تعادل ثمانية وستين ميلًا عند خط الاستواء.

عندما يكون الطقس صحوًا، يمكن لك بسهولة إعادة تصحيح توقيت ساعة السفينة من خلال القراءة الدقيقة لموقع الشمس في السماء. كانت المشكلة تكمن في ساعة ميناء الانطلاق. فمع فقدانها عشرين دقيقة يوميًا، كانت هذه التقنية لحفظ الوقت عمليًا عديمة الفائدة في اليوم الثاني



غاليليو غاليليه

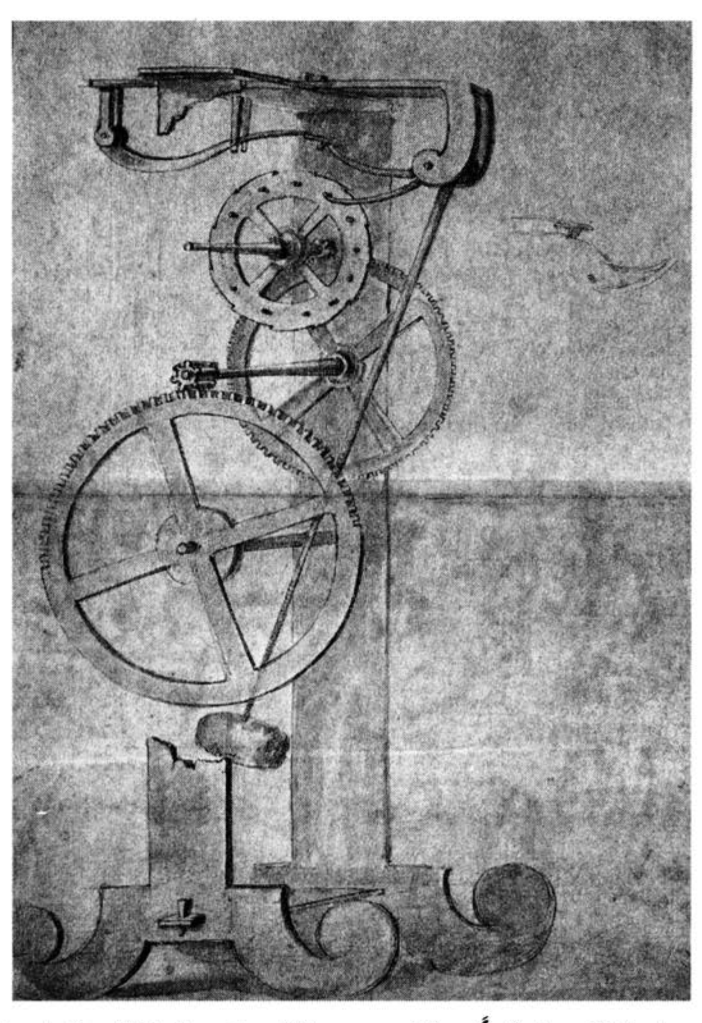
لانطلاق الرحلة. قُدِّمَت جوائز مادية في كافة أنحاء أوروبا لمن يتمكّن من حل مشكلة تحديد الموقع في البحر بالنسبة لخطوط الطول: قدَّم فيليب *الثالث* ملك إسبانيا تقاعدًا مدى الحياة بعملة الدوكاتducat[1]، في حين وعدت جائزة خطوط الطول في إنكلترة بتقديم أكثر من مليون دولار بقيمة الدولار الحالية. أعادت الحاجة الماسة لحل هذه المشكلة -والمردود الاقتصادي الذي سينجم عن ذلك- ذهن *غاليليو* إلى متابعة مسألة الوقت المتساوي التي أسَرَت خياله عندما كان في التاسعة عشرة من عمره. أفادت ملاحظاته الفلكية بإمكانية استفادة الملّاحين من كسوف الأقمار التابعة للمشتري في معرفة الوقت أثناء وجودهم في البحر، ولكنّ الطريقة التي قام بتطويرها لتحقيق ذلك كانت شديدة التعقيد (ولم تكن بنفس الدقة التي أمِلَها). ولذلك عاد مرة أخرى إلى النوّاس.

بعد مضي ثمانية وخمسين عامًا استغرقتها فكرة النواس لتتشكّل، بدأت فكرة *غاليليو* التي كانت تنمو ببطء حول «الميزة الساحرة» للنواس تتّخذ شكلها النهائي. تشكّل تلك الفكرة نقطة تتقاطع فيها اختصاصات واهتمامات متعدّدة: ذاكرة *غاليليو* عن مصباح الهيكل، دراساته لحركة أقمار المشتري، صناعة إبحار السفن عبر العالم ومتطلّباتها الجديدة لساعات تصل دقتها إلى مستوى الثواني. الفيزياء، علم الفلك، الإبحار عبر البحار، وأحلام يقظة طالب جامعة: اجتمعت كل هذه الاختصاصات في ذهن *غاليليو*. وبدأ *غاليليو*، بمساعدة ابنه، في وضع تصميم أول ساعة تعمل على النواس (البندول).

مع نهاية القرن التالي، أصبحت ساعة النواس مشهدًا اعتياديًا في كافة أنحاء أوروبا، وبشكل خاص في إنكلترة -في أماكن العمل، ساحات المدن،

---

(1) الدوكات ducat: عملة ذهبية أوروبية. المترجم.



رسم لساعة البندول (الرقَّاص) التي صممها الفيزيائي، عالم الفلك، والفيلسوف غاليليو غاليليه في 1638-1659

وحتى في بيوت الأثرياء. أشار المؤرخ البريطاني *أ. بِ.* ثومبسون، في مقالة رائعة نُشِرت أواخر الستينات من القرن الماضي حول الوقت والتصنيع إلى أنّ أدبيات تلك الفترة بيّنت أن اقتناء ساعة جيب كانت إحدى العلامات الدالّة على ترقّي شخص ما، درجة أو اثنتين على سلم التطوّر الاجتماعي والاقتصادي. ولكن لَم تكن هذه القطعة الدالّة على الوقت مجرد إكسسوارات في عالم الأزياء فقط. لقد أحدثت، بدقتها التي تزيد مائة مرة عن سابقاتها -تكسب أو تخسر دقيقة واحدة فقط خلال أسبوع- تغييرًا كلّيًا في إدراكنا للوقت، ما زال يعيش معنا حتى يومنا هذا. عندما نفكّر في التكنولوجيا التي قادت إلى الثورة الصناعية، يتداعى إلى أذهاننا المحرّكات البخارية الهادرة والأنوال التي تحرّكها محركات بخارية. ولكن تحت الأصوات النشاز للمصانع، كان هناك في كل مكان صوت أنعم وله نفس الأهمية: إنها تكتكة نوّاس (بندول) الساعات وهي تسجّل الوقت بهدوء.

تخيل تاريخًا بديلًا تخلفت فيه تكنولوجيا حساب الوقت، لسببٍ ما، عن التطور الذي طرأ على الآلات التي حفزت العصر الصناعي. هل كانت الثورة الصناعية لتحصل؟ يمكن لك الدفاع منطقيًا عن الجواب بلا. إن انطلاق الثورة الصناعية الذي بدأ في إنكلترة في منتصف القرن الثامن عشر، كان، على الأقل، سيستغرق من دون وجود الساعات زمنًا أطول حتى يصل إلى السرعة التي لا عودة عنها، ويعود ذلك لأسباب عدة. فقد خفّضت الساعات الدقيقة، بسبب قدرتها غير المسبوقة على تحديد الموقع بالنسبة لخطوط الطول في البحر، بشكل كبير من الأخطار التي تحيق بشبكة السفن المبحرة عالميًا ممّا سمح بتزويد الصناعيين الأوائل بمصدر ثابت للمواد الأولية وفتَح لهم ممرًّا إلى أسواق ما وراء البحار. في نهاية الستينات وبداية السبعينات من القرن الماضي، صُنِعت الساعات الأكثر دقّة في العالم في إنكلترة، مما أدى إلى تراكم الخبرات



مقياس الوقت البحري في متحف صناع الساعات في مبنى البلدية- لندن

في صناعة الأدوات الدقيقة الأمر الذي ساعد بشكل كبير في تغطية الطلب على هذه المهارات لدى وصول الابتكارات الصناعية، تمامًا كما فتح انتاج النظارات من قِبَل الخبراء في صناعة الزجاج الباب واسعًا أمام تطوير التلسكوبات والمجاهر (الميكروسكوبات). لقد كان صانعو الساعات بمثابة الطلائع التي ستفضي إلى تطوير الهندسة الصناعية.

مع ذلك، احتاجت الحياة الصناعية إلى الساعات لتحديد الوقت من أجل تنظيم العمل أكثر من أي شيء آخر. كان يُعبَّر عن وحدات الوقت لدى أشكال الاقتصاد الزراعية أو الإقطاعية القديمة بالزمن اللازم لإنجاز مهمة ما. لم يكن اليوم مقسَّمًا إلى وحدات رياضية مجرّدة، وإنما إلى سلسلة من النشاطات: فبدلًا من التعبير عنه بخمس عشرة دقيقة، كان

الوقت يوصف بالزمن اللازم لحلب بقرة مثلًا، أو بالزمن اللازم لتثبيت نعل حذاء بالمسامير. وبدلًا من حصولهم على أجر ساعة من العمل كان الحرَفيون يحصلون على أجر كل قطعة ينتجونها -وهذا ما كان يعرف «بالعمل المبذول»- كان برنامجهم اليومي عديم التنظيم بشكل مثير للسخرية. يستشهد تومبسون بمفكرة حائك ومزارع خلال الفترة 1782 أو 1783 كمثال على الروتين المشتّت للعمل الذي كان يتم قبل العصر الصناعي:

> في يوم ماطر، تمكّنت من حياكة 5 , 8 ياردات. في الرابع عشر من أكتوبر حملت القطعة التي انتهيت من حياكتها، لذلك لم أحِكْ أكثر من 75 , 4 ياردات؛ في الثالث والعشرين من الشهر عملت حتى الساعة الثالثة بعد الظهر، وحكتُ ياردتين حتى مغيب الشمس... إضافة إلى الحصاد والدريس، مخض اللبن، الحفر والعمل في الحديقة، قمت أيضًا بحياكة 5 , 2 ياردة، وتطلّب ولادة البقرة اهتمامًا زائدًا بها. في الخامس والعشرين من كانون الثاني قمت بحياكة ياردتين، ومشيت باتجاه القرية المجاورة، قمت بأعمال متنوّعة، في المخرطة وفي الزريبة، وكتبت رسالة في المساء، وأعمال أخرى تضم العمل على الحصان والعربة، قطاف الكرم، العمل على تنفيذ سد للطاحون، حضور لقاء مؤسسة التعميد، ومشاهدة شنق علني.

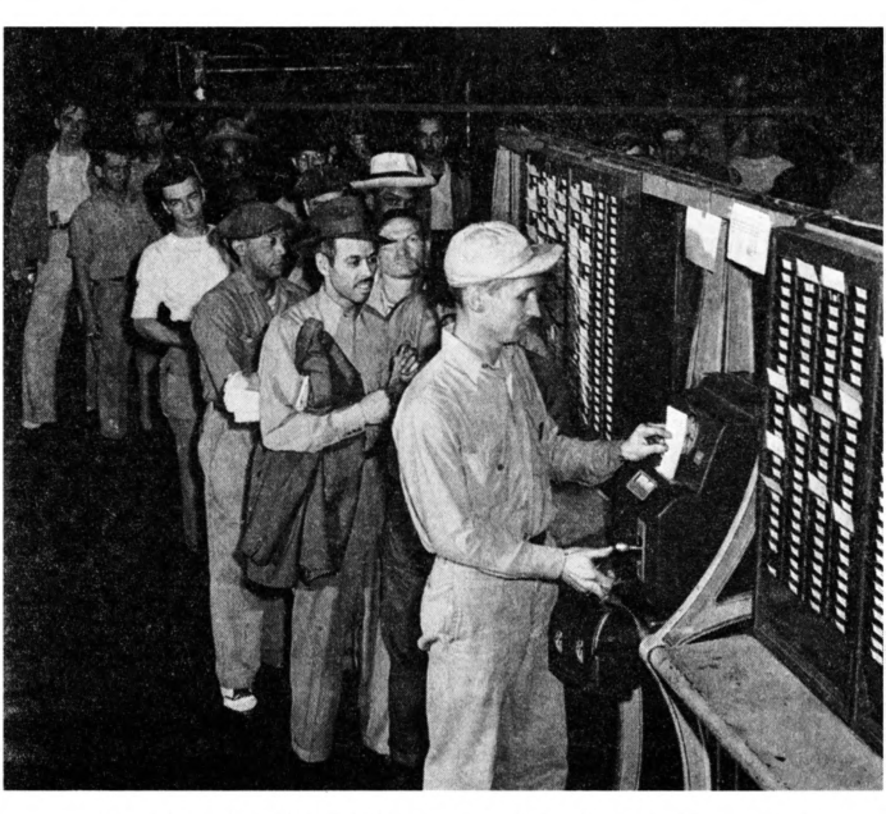
جَرِّب الحضور إلى العمل في مكتب حديث اعتمادًا على هذا الطراز من التوقيت (لا يمكن حتى لغوغل المشهورة بمرونتها في تنفيذ ساعات العمل أن تقبل هذا الشيء). من غير الممكن لصناعيّ يحاول مزامنة الأعمال التي ينفّذها مئات العمال مع إيقاع أولى المصانع إدارة مثل هذا الطراز من العمل غير المترابط. كان صانع الفخّار جوسيا ويدجود، الذي

وَسَمت مصانعه في برمنغهام بداية العصر الصناعي في إنكلترة، أول من طبّق التقليد المعروف «بتسجيل الوقت» لبدء وانتهاء العمل كل يوم. إن التعبير الجميل مزدوج المعنى المعروف («بِثَقْبِ الساعة[1]» punching the clock لم يكن ليعني أي شيء لأي شخص مولود قبل العام 1700). كذلك انبثقت فكرة «أجر ساعة العمل» -وهي عمليًا أمر شائع الآن في كافّة أنحاء العالم- عن نظام التوقيت الذي كان متَّبَعًا في العصر الصناعي. يكتب تومبسون: «على رب العمل الاستفادة من وقت عمله، والتأكّد من عدم إضاعته... لقد أصبح الوقت الآن عملةً: إنه لا يُقْضى وإنما يُصْرَف».

لقد كان الاختراع الذي عُرِف باسم «نظام الوقت» مربكًا للأجيال الأولى التي عاشت هذا التحول. الآن، اعتاد معظمنا في العالم المتقدم -وبشكل متزايد في العالم النامي- على النظام القاسي للتوقيت وفقًا للساعة منذ نعومة أظفارنا (اجلس في غرفة الصف في الحضانة، وسترى التركيز المكثَّف على شرح وتطبيق البرنامج اليومي). كان لا بد من الاستبدال القسري لإيقاعات الحياة الطبيعية المكوَّنة من تنفيذ للمهمات، ومن فترات استمتاع وتسلية بنظام دقيق ومضبوط. عندما تمضي حياتك كلها داخل هذا النظام، فإنه سيبدو طبيعيًا، لكنه سيشكل صدمة لنظام الحياة ككل عندما تجرّبه للمرة الأولى، كما خَبِرَه للمرة الأولى عمال إنكلترة الصناعية في النصف الثاني من القرن الثامن عشر. لم تكن الساعات مجرّد أدوات لمساعدتك في تنظيم أحداث يومك،

---

(1) ثَقْبُ الساعة punching the clock: طريقة لتسجيل وقت الدخول إلى العمل والخروج منه، مؤلفة من ساعة وجهاز يثقب لوح من الكرتون وقت الدخول والخروج. المعنى الثاني الذي يمكن أن يحمله هذا التعبير بالإنكليزية والذي يعبّر عن كره العمال لهذا النظام من ضبط الوقت يمكن ترجمته «ضرب الساعة». المترجم.



عمال يسجلون وقت دخلوهم في مصنع Rouge التابع لشركة فورد للسيارات

وإنما شيئًا مشؤومًا: لقد كانت ما وصفها ديكنز في كتابه «الأزمنة الصعبة»[1] «بالساعة الإحصائية القاتلة التي تحصي كل ثانية بواسطة ضرباتها التي هي أشبه ما تكون بدقّ مسمار في غطاء نعش».

كان من الطبيعي أن يولِّدَ هذا النظام الجديد ردود فعل عنيفة. لم تكن ردة فعل الطبقة العاملة على هذا النظام -والتي بدأت بالعمل وفقًا لساعات العمل المحدَّدة والمطالبة بأجور للعمل الإضافي أو بساعات

(1) كتاب الأزمنة الصعبة Hard Times لمؤلفه تشارلز ديكنز العام 1854.

عمل أقل- بنفس القوة التي بدرت عن محبي الجمال والفن. أن تكون رومانسيًا في بداية القرن التاسع عشر كان يعني جزئيًا أن تهرب من الاستبداد المتنامي للتوقيت بواسطة الساعة: أن تنام إلى ساعة متأخرة من النهار، أن تتسكّع من دون هدف في أنحاء المدينة، أن ترفض الحياة وفقًا «للساعات التي تحصي وقتك» التي تحكّمت بالحياة الاقتصادية. في كتابه «الافتتاحية»[1] يعلن ووردسوورث تخلّيه عن «حرّاس وقتنا»:

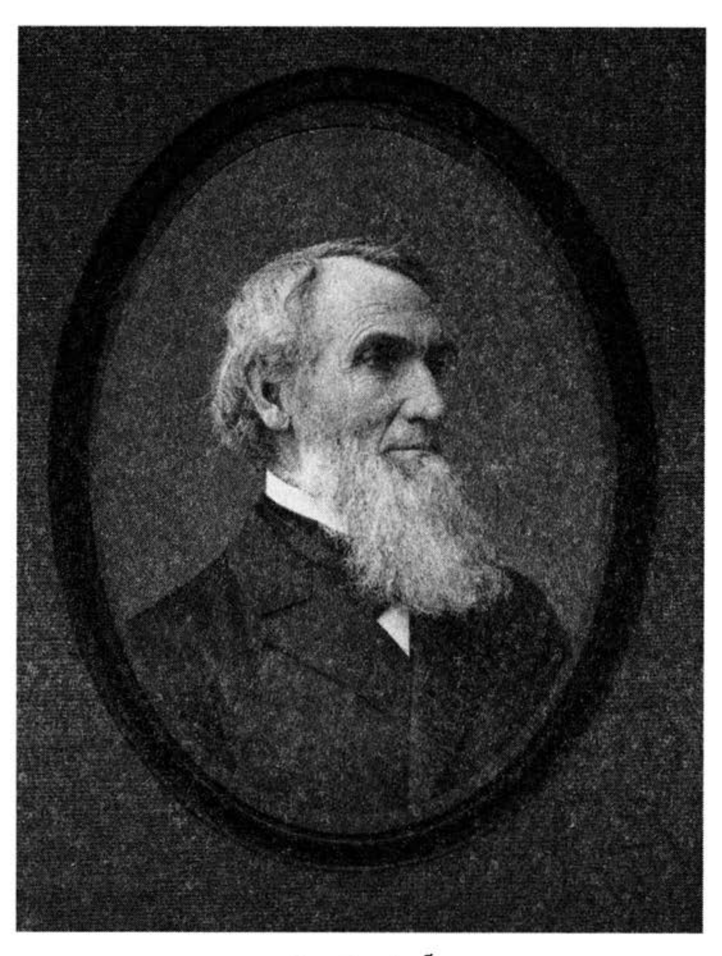
المرشدون، القيّمون على ملكاتنا الذهنية
مديرو أعمالنا، رجال يقظون
وبارعون في المراباة بالوقت
عقلاء، يسيطرون بتبصّرهم
على كل الحوادث، وعلى الطريق الذي شقّوه
ويقيّدوننا كالآلات.



لقد سيطر نظام التوقيت وفقًا لساعة النواس (البندول) على الانسياب غير المضبوط للعمل المبني على الخبرة، واستبدله بمنظومة تعتمد الرياضيات في ضبط مراحل العمل. إذا مثّلنا الوقت بنهر، فإن الساعة ذات النواس حوّلته إلى قناة مجهّزة بحواجز تضبط جريان المياه وتوزعه بالتساوي، تمّت هندستها بحيث تتوافق مع إيقاع الصناعة. مرةً أخرى، تبيّن أن زيادة مقدرتنا على قياس الأشياء هي بنفس أهمية مقدرتنا على صناعتها.

لم تكن المقدرة على قياس الوقت موزّعة بشكل متساوٍ على امتداد المجتمع. بقيت ساعات الجيب ضربًا من الترف حتى منتصف القرن التاسع عشر، عندما استعار ابنٌ لسكّاف من «ماساتشوستس» يدعى آرون

(1) قصيدة الافتتاحية The Prelude لمؤلفها وليام ووردسوورث William Wordsworth. قصيدة ملحمية نُشرت بعد موت مؤلفها عام 1850. بدأ الشاعر عمله على هذه القصيدة عام 1798. تقع القصيدة في 14 جزءًا، أو كتابًا. المترجم.



آرون دینیسون

دينيسون الطريقة الجديدة المستعملة في تصنيع السلاح والتي تعتمد استعمال قطع غيار موحّدة المقاييس قابلة للتبادل وطبّق نفس التقنيات المستعملة فيها في صناعة الساعات. كان إنتاج الساعات المتطوّرة حينذاك يتضمّن أكثر من مائة عمل كلّ منها مختلف عن الآخر. يقوم شخص بتصنيع براغ بحجم البرغوث وكان كل برغي يُصَنَّع إفراديًا، وذلك عن طريق لفّ قطعة من الفولاذ على سنٍّ يحفر اللولب على البرغي؛ بينما ينقش شخص آخر صندوق الساعة (جسمها) وهكذا. كان لدى دينيسون تصورٌ لآلات تصنع عددًا كبيرًا من البراغي التي يمكن تركيبها على أية ساعة من الطراز نفسه، وآلات أخرى تنقش جسم الساعة (الصندوق) بدقة وسرعة. قاده تصوّره هذا إلى الإفلاس مرة واحدة أو اثنتين، وأكسبه لقب «معتوه بوسطن» على صفحات الجرائد المحلية. ولكنه في النهاية، في أوائل الستينات من القرن التاسع عشر، توصّل إلى فكرة لصناعة ساعات زهيدة الثمن، من دون استعمال الجواهر التقليدية التي كانت تُرصَّع بها ساعات الجيب تقليديًا. كانت تلك أول ساعة موجَّهة إلى السوق الشعبي، وليس إلى الأثرياء فقط. لاقت ساعة دينيسون نجاحًا منقطع النظير، وخاصة بين جنود الحرب الأهلية، وأطلق عليها اسم ساعة و. م. *إيلري* -على شرف ويليام *إيلري*، أحد المغنين في احتفال إعلان الاستقلال -وبيع منها أكثر من 160,000 ساعة؛ حتى إن رئيس أمريكا *ابراهام لنكولن* امتلك واحدة وكانت تحمل اسم د. م. *إيلري*. لقد حول دينيسون قطعة نفيسة إلى سلعة لا بد من امتلاكها. في العام 1850، كان ثمن ساعة الجيب 40 دولارًا؛ وبحلول عام 1878، كان ثمن ساعة دينيسون غير المرصّعة بالجواهر 3,50 دولارات.

مع ارتفاع شعبية الساعات في جميع أنحاء البلد، عثر عميل للسكك الحديدية في «مينيسوتا» يدعى ريتشارد ورن سيرز على علبة من الساعات المهمَلة لدى بائع مجوهرات محلي، وحصَّل ربحًا وفيرًا من خلال بيعها



جنديٍ يحمل ساعة جيب، حوالي -1860 مكتبة الكونجرس

إلى عملاء سكك حديدية آخرين. بِوَحْيٍ من نجاحه هذا، تشارك مع رجل أعمال من شيكاغو يدعى روبك، وأطلقا معًا مطبوعة تُوَزَّع عبر البريد بناء على طلب الزبون تعرض طيفًا من تصاميم ساعات الجيب، وأطلقا على هذه المطبوعة اسم «كاتالوك سيرز، روبك». ما هو أصل تلك الكاتالوكات البريدية التي تثقل علبة بريدك حاليًا بوزنها البالغ خمسة عشر باوندًا؟ لقد بدأت جميعها مع تلك الأداة التي أصبحت حاجة ماسّة في أواخر القرن التاسع عشر: إنها ساعة الجيب لعامة الشعب.

عندما بدأ دينيسون التفكير في دمقرطة الوقت في أمريكا، كانت أحد جوانب هذا العمل أن التوقيت بقي غير منتظم بشكل يدعو للأسف. كان التوقيت المحلي -في مدن ومناطق الولايات المتحدة قاطبة- دقيقًا على مستوى الثانية، فقط إذا ما نظرت إلى ساعة عامة معلّقة في مكان كان احترام الوقت فيه حاجة ملحّة. ولكن كان هناك حرفيًا آلاف التوقيتات المحلية. لقد تمت دمقرطة التوقيت بالساعة، ولكن توحيده لم يكن قد تم بعد. بفضل دينيسون انتشرت الساعات بسرعة في كل مكان، ولكنها كانت جميعها تشير إلى أوقات مختلفة. في الولايات المتحدة آنذاك، كان لكل مدينة أو قرية توقيتها المستقل - حيث تضبط الساعات وفقًا لموقع الشمس في السماء. إذا ما تحرّكت غربًا أو شرقًا، ولو حتى لعدة أميال فقط، فإن العلاقة المتغيرة بين الشمس والمِزولة (الساعة الشمسية) تنتج مواقيت مختلفة للمزولة. يمكن لك أن تكون واقفًا في مدينة الساعة 6,00 بعد الظهر، ولكن التوقيت سيكون 6,05 في مكان يفصله ثلاث مدن عن مكان وقوفك. منذ 150 عامًا، إذا ما سألت عن التوقيت فإنك ستحصل على الأقل على ثلاثة وعشرين جوابًا مخالفًا إذا ما كنت في ولاية «إنديانا»، وعلى سبعة وعشرين جوابًا في «ميتشيغان»، وعلى ثمانية وثلاثين في «ويسكونسن».



لَفّ (ربط) ساعة دينيسون الكبيرة (نُفِّذت هذه العملية مرة كل عام)
في هولبورن، لندن

الشيء الأغرب هو أنّ أحدًا لم يلحظ هذا الخلل. لم يكن ممكنًا في حينه التحدّث مع شخص يفصلك عنه ثلاث مدن، وسيتطلّب منك الأمر ساعة أو اثنتين لتصل هناك مستعملًا طرقًا سيئة وبسرعة بطيئة. لذلك لم يكن ممكنًا تمييز وجود فرق دقائق قليلة في توقيت الساعات الموجودة في كل مدينة. ولكن بمجرد أن بدأ الناس (والمعلومات) يسافرون بسرعة أكبر، أصبح الخلل في توحيد التوقيت يشكّل مشكلة كبيرة. لقد عرّى نظام البرقيات والسكك الحديدية هذا الخلل الغامض المتمثّل في التوقيت غير الموحَّد للساعات. تمامًا كما عرّى اختراع الكتاب قبل ذلك بقرون الحاجة لنظّارات القراءة لدى الجيل الأول من القراء في أوروبا.

تسافر القطارات التي تتحرّك شرقًا أو غربًا -وفقًا لخطوط الطول- بسرعة أكبر من حركة الشمس في السماء. ولذلك كان عليك تعديل ساعتك أربع دقائق مقابل كل ساعة تسافرها بالقطار.. إضافة لذلك، كانت كل شركة سكك حديدية تضبط ساعتها مع ساعة المدينة التابعة لها، وكان هذا يعني أن القيام بأي رحلة في القرن التاسع عشر تطَلَّب تعاملًا هائلًا مع الأرقام. إذا ما غادرت «نيويورك» مستقلًا القطار المغادر الساعة 8:05 بتوقيت شركة سكك حديد كولومبيا، فإنك ستصل إلى «بالتيمور» بعد ثلاث ساعات، الساعة 10:54 بتوقيت «بالتيمور،» هذا التوقيت هو في الحقيقة 11:05 بتوقيت شركة سكك حديد «بالتيمور»، تنتظر عشر دقائق لتستقل قطار B&Q الذي ينطلق الساعة 11:01 الذاهب إلى «ويلينغ»، غرب «فيرجينيا»، والذي هو حقيقةً قطار الساعة 10:49 بتوقيت «ويلينغ»، وهو نفسه قطار الساعة 11:10 إذا ما كانت ساعتك لا تزال على توقيت «نيويورك». والشيء المضحك هو أن كل هذه المواقيت المختلفة صحيحة، على الأقل إذا ما قيست وفقًا لموقع الشمس في السماء. إن ما يجعل القياس بواسطة الساعة الشمسية (المِزوَلة) أمرًا سهلًا، هو نفسه الذي جعله مثيرًا للحنق بواسطة محطات السكك الحديدية.

تعامل البريطانيون مع هذه المشكلة عن طريق توحيد التوقيت في كامل البلاد وفقًا لتوقيت «غرينتش» الوسط، وذلك في أواخر الأربعينات من القرن التاسع عشر، حيث قاموا بضبط توقيت ساعات السكك الحديدية بواسطة البرقيات. (حتى يومنا هذا، ما زالت الساعات في أبراج مراقبة الملاحة الجوية وفي قمرات الطائرات في كافة أنحاء العالم تشير إلى توقيت «غرينتش». إن توقيت «غرينتش» GMT[1] هو التوقيت الوحيد في السماء). ولكن الولايات المتحدة الأمريكية كانت على درجة كبيرة من الامتداد جغرافيًا مما يجعل من غير الممكن ضبط التوقيت في كامل مساحتها على ساعة واحدة، خاصة بعد افتتاح خطوط القطارات العابرة للقارات العام 1869. مع وجود ثمانية آلاف مدينة على امتداد البلاد، ولكل منها توقيتها الخاص، وبوجود سكك حديدية تصل بينها على امتداد أكثر من مائة ألف ميل، أصبحت الحاجة لوجود نظام يوحّد التوقيت أمرًا ملحًّا. لعدة عقود، انتشرت عدة مقترحات لتوحيد التوقيت في الولايات، لو أنّ أيًا منها لم يتبلور واقعيًا. لقد كانت العقبات اللوجستية المتعلقة بالتنسيق بين جداول مواعيد القطارات وبين توقيت الساعات هائلة، كما أن التوقيت الموحَّد بدا وكأنه، بشكل ما، يثير شعورًا غريبًا من الامتعاض بين المواطنين العاديين، كما لو أن هذا العمل كان شيئًا منافيًا للطبيعة بحد ذاتها. نشرت إحدى صحف «سينسيناتي» افتتاحية معارضة للتوقيت المُوَحَّد جاء فيها: «إنه لأمر غير معقول... دعوا الناس في «سينسيناتي» ملتزمة بالحقيقة كما كُتِبت من قِبَل الشمس، والقمر، والنجوم».

بقيت مشكلة توحيد التوقيت في الولايات المتحدة قائمة حتى أوائل الثمانينات من القرن التاسع عشر، عندما تصدّى لها مهندس في السكك

(1) Greenwich Mean Time (GMT): التوقيت الوسطي لغرينتش. المترجم.

الحديدية يدعى *ويلياف ألَن*. من خلال عمله كمحرّر لدليل يوضح جدول مواعيد السكك الحديدية، كان *ألَن* على دراية مباشرة بالجدل العقيم الذي يثيره نظام التوقيت الموجود آنذاك. قدَّم *ألَن*، في اجتماع للسكك الحديدية في «سان لويس» العام 1883، خريطة تقترح الانتقال من خمسين نظام توقيت مختلف للسكك الحديدية كانت موجودة في حينه إلى 4 قطاعات زمنية ما زالت موجودة حتى الآن، بعد انقضاء أكثر من قرن على اقتراحها وهي: قطاع التوقيت الشرقي، والمركزي، والجبال، وقطاع الباسيفيك. صمّم *ألَن* الخريطة بحيث تعرّجت التقسيمات بين القطاعات الزمنية قليلًا بما يتوافق مع نقاط التقاء خطوط السكك الحديدية الأساسية، وذلك بدلًا من جعل التقسيمات تمر بشكل مستقيم وبشكل متوافق مع خطوط الطول.

إثر اقتناع رؤساء *ألَن* في السكك الحديدية بخطته، أعطوه مهلة تسعة أشهر لتحويل الخطة إلى حقيقة واقعة. أطلق *ألَن* حملة تضمّنت كتابة رسائل ولَيّ أذرع من أجل إقناع مراكز المراقبة وبلديات المدن. لقد كانت حملة مليئة بالتحديات، ولكن *ألَن* نجح بطريقة ما في إنجازها. في الثامن عشر من تشرين الثاني العام 1883، شهدت الولايات المتحدة واحدًا من أغرب الأيام في تاريخ التوقيت بواسطة الساعة، وهو ما أصبح يعرف «باليوم الذي شهد توقيتين اثنين للظهيرة».

كان التوقيت الشرقي الموحَّد، كما عرَّفه *ألَن*، متأخّرًا أربع دقائق عن توقيت «نيويورك» المحلّي. في ذلك اليوم من تشرين الثاني، قُرِعت أجراس كنيسة «مانهاتن» معلنةً توقيت الظهيرة القديم في «نيويورك»، بعد ذلك بأربع دقائق، أُعْلن عن موعد ظهيرة ثانٍ عن طريق قرع أجراس الكنيسة نفسها مرة ثانية: وكان هذا إعلان عن أول تسجيل لتوقيت الظهيرة 12:00 وفقًا للتوقيت الشرقي الموحَّد. جرى بث هذا التوقيت الثاني للظهيرة إلى كافة أرجاء البلاد عن طريق البرق (إرسال برقية)، مما

سمح لخطوط السكك الحديدية وساعات المدن وصولًا إلى الباسيفيك بضبط توقيت ساعاتهم.

في السنة التالية تمامًا، أُعلن التوقيت الوسط لغرينيتش GMT، بوصفه ساعة التوقيت العالمية (وذلك بناء على كون «غرينيتش» موجودة على خط الطول الأساس)، وقُسّم كامل الكوكب إلى قطاعات زمنية. لقد بدأ العالم يتحرّر من الإيقاعات السماوية للنظام الشمسي. لم تعد الاستعانة بالشمس الطريقة الأكثر دقة في تحديد الوقت. عوضًا عن ذلك، حافظت نبضات كهربائية تسافر عبر أسلاك البرق بين المدن على التزامن بين ساعاتنا.

إحدى الخصائص الغريبة لقياس الوقت هي أنه لا ينتمي بدقّة إلى اختصاص علمي منفرد. إن كل قفزة إلى الأمام في مقدرتنا على تحديد الوقت تضمّنت، في الحقيقة، تسليمًا للراية من اختصاص إلى آخر. اعتمد الانتقال من الساعات الشمسية (المِزوَلة) إلى الساعات ذات النواس على الانتقال من علم الفلك إلى علم الديناميك وفيزياء الحركة. وستعتمد الثورة التالية في تحديد الوقت على الميكانيا الكهربائية (electro mechanics). مع ذلك، بقي النموذج العام واحدًا: يكتشف العلماء ظاهرةً طبيعيةً ما تبدي ميلًا نحو الحفاظ على «توقيت متساوٍ» كالذي لاحظه غاليليو في حالة مصباح الهيكل، لتبدأ بعد ذلك بفترة قصيرة موجة من المخترعين والمهندسين في استعمال هذا الإيقاع الجديد لمزامنة أدواتهم. في الثمانينات من القرن التاسع عشر اكتشف بيير وجاك كوري لأول مرة صفة غريبة لبلورات من نوع محدّد، الكوارتز، نفس المادة التي كانت على درجة من الثورية بالنسبة لصانعي الزجاج في «مورانو»: وهذه الصفة هي أنه يمكن جعْل هذه البلورات تهتزّ تحت الضغط عند تعريضها لتردُّد عالي الثبات (عُرِفت هذه الخاصية باسم

«بيزوإليكتريسيتي[1]» أي الكهرضغطية)، وقد كان التأثير أكثر وضوحًا عند تطبيق تيار متناوب على البلورات.

إن أول من استثمر مقدرة بلّورات الكوارتز الرائعة على التمدّد والتقلص «بوقت متساوٍ» هم مهندسو الراديو (اللاسلكي) في العشرينات من القرن العشرين، حيث اعتادوا على تحديد البث اللاسلكي عند تردّدات ثابتة. في العام 1928، بنى و. إ. موريسون من مخابر بِلْ أول ساعة كانت تحفظ التوقيت الصحيح من خلال الاهتزازات المنتظمة لبلورة كوارتز. كانت ساعات الكوارتز تخسر أو تكسب فقط جزءًا من الألف من الثانية في اليوم، وكانت اقل عرضة بكثير للتقلبات الجوية من حرارة ورطوبة، من دون أن نذكر تأثير الحركة، وذلك مقارنةً مع الساعات المزودة بنواس. مرة أخرى، ازدادت دقة قياس الوقت عدة أضعاف.

على مدى العقود التي تلت اختراع موريسون، أصبحت ساعات الكوارتز واقعًا فعليًا في عالم أدوات قياس الوقت للاستعمال العلمي والصناعي؛ بُدِء في الولايات المتحدة في ضبط الوقت باستعمال ساعات الكوارتز في الثلاثينات من القرن العشرين. بحلول السبعينات من القرن نفسه، غدت التكنولوجيا زهيدة الكلفة إلى درجة أصبحت فيها متوفّرة للسوق الشعبي، الأمر الذي تجلّى بظهور ساعات يد تعتمد الكوارتز في ضبط الوقت. الآن، تعمل جميع الأجهزة المنزلية تقريبًا الحاوية على ساعات -كالمايكرويف، والمنبهات، وساعات اليد، وساعات السيارات- على خاصية الوقت المتساوي اللازم لتمدّد وتقلص بلورات الكوارتز وفقًا لخاصية الكهرباء الضغطية. لم يكن من الممكن التنبؤ بهذا التحول، أن يخترع شخص ما ساعة أفضل وأكثر دقة، وأن يكون ثمن

(1) بيزوإليكتريسيتي piezoelectricity: الكهربائية الضغطية. المترجم.

نسخها الأولى أعلى من مقدرة المستهلك على اقتنائها. ولكن في النهاية يهبط سعرها. مرة أخرى، تأتينا المفاجأة من مكان آخر غير متوقَّع، من حقل آخر لا يبدو للوهلة الأولى أنه يعتمد على ضبط الوقت إلى هذا الحد. هذه الطرائق الجديدة للقياس تخلق إمكانيات جديدة لصناعة الأشياء. ومع القدرة على ضبط الوقت عن طريق بللورات الكوارتز، ولّدت إمكانية جديدة وهي صنع الكومبيوترات.

إن المعالج الدقيق microprocessor هو انجاز تكنولوجي استثنائي على عدة مستويات، ولكن أهم ما يميّزه هو أن رقاقات الكومبيوتر هي أفضل ضابط للوقت. لنمعن التفكير في متطلبات التنسيق التي يحتاجها معمل صناعي: آلاف المهمات القصيرة، والمتكرّرة تُنَفَّذ في تسلسل مناسب من قبل مئات من الأفراد. يتطلّب المعالج الدقيق في الكومبيوتر نفس النوع من الالتزام بالوقت، مع فارق أن الوحدات التي يجري تنسيقها هي بِيتات pits[1] من المعلومات بدلًا من أيدي وأجسام عمال المصانع. (عند اختراع تشارلز باباج لأول كمبيوتر قابل للبرمجة، كان لديه مبرّر عندما أطلق على وحدة المعالجة المركزية CPU[2] اسم الطاحون). فبدلًا من آلاف العمليات في الدقيقة، ينفّذ المعالج الدقيق بلايين الحسابات في الثانية، أثناء نقله للمعلومات من وإلى الرقاقات الدقيقة المتوضّعة على لوحة الدارات. ينسّق جميع هذه العمليات ساعة حاكمة، مصنوعة كلّها بلا استثناء تقريبًا من الكوارتز. (ولهذا يدعى العبث بالكومبيوتر بغية جعله يعمل بسرعة أعلى من تلك التي صُمِّم ليعمل عليها باسم «تجاوز الساعة overclocking»). إن أي كومبيوتر حديث هو عبارة عن تجميع لعدة تقنيات وأنساق معرفيّة مختلفة:

(1) بِتّات، مفردها بِت Pit: وهي وحدة قياس حاسوبية. المترجم.
(2) وحدة المعالجة المركزية: Central Processing Unit (CPU)، المترجم

المنطق الرمزي للغات البرمجة، الهندسة الكهربائية لألواح الدارات، واللغة المرئية لتصميم السطوح البينية interface. إلا أن الكومبيوترات ستكون عديمة الفائدة لولا دقة التوقيت على مستوى ميكرو ثانية، هذا التنسيق الذي جعلته ساعات الكوارتز أمرًا ممكنًا.

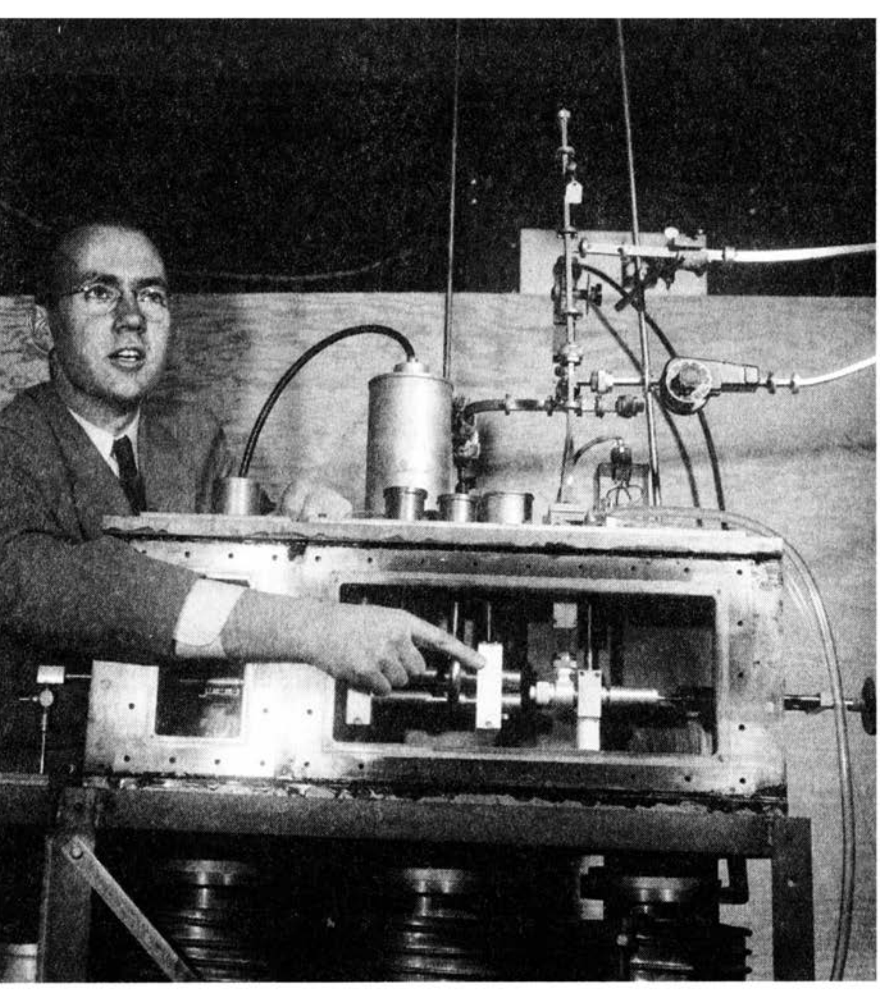
إن دقة ساعات الكوارتز جعلت سلفها من الساعات ذات النواس تبدو غير دقيقة بشكل مثير للشفقة. كما كان لها أيضًا تأثير مشابه على ضابِطَيِ الوقت المطلَقَين: الأرض والشمس. بمجرّد ما بدأنا بضبط الوقت باستعمال ساعات الكوارتز، اكتشفنا أن طول اليوم لم يكن مضبوطًا بالشكل الذي كنا نعتقده. يقصُر طول اليوم ويطوُل بطريقة (شبه عشوائية) ويعود ذلك إلى تأثير المد والجزر على سطح الكوكب، الرياح التي تهب على امتداد الجبال، أو الحركة الداخلية لمركز الأرض المنصهر. إذا كنا حقيقة نتوخّى ضبط الوقت بشكل دقيق، لا يمكن لنا الاعتماد على دوران الأرض. لقد كنا بحاجة إل أداة أفضل لضبط الوقت. جعلتنا ساعات الكوارتز ندرك أن الأيام الشمسية لم تكن متساوية بالقدر الذي كنا نعتقده. كان ذلك، بطريقةٍ ما، الضربة القاضية لعالم ما قبل كوبرنيكوس. فإضافة إلى اكتشافنا أن الأرض لم تكن مركز الكون، كذلك اكتشفنا أن دورانها لم يكن منتظمًا بما يكفي لتحديد طول اليوم بدقة. يمكن لكتلة من الرمل المهتز (المكون الأساس للرمل هو الكوارتز) أن تقوم بهذا العمل بشكل أفضل.

إن ضبط الوقت بدقّة يتعلّق، في نهاية المطاف، باكتشاف -أو تصنيع- أشياء تهتز (تنوس) بإيقاعات متناسقة: ارتفاع الشمس في قبة السماء، اكتمال وتضاؤل (انحسار) القمر، مصباح الهيكل، وبلورة الكوارتز. أدى اكتشاف الذرَّة في الأيام الأولى من بداية القرن العشرين -والذي قاده علماء من أمثال نيلز بور وفيرنر هايزنبرغ- إلى انطلاق سلسلة من الابتكارات الرائعة والقاتلة في مجاليّ الطاقة والتسليح:

مصانع (مفاعلات) الطاقة النووية، والقنابل الهيدروجينية. إلا أن علم الذرّة الجديد أماط اللثام عن اكتشاف أقل شهرة ولكنه بنفس الأهمية: إنه النواس الأكثر انتظامًا وتناسقًا الذي عرفه الإنسان أثناء دراسته لسلوك الإلكترونات التي تدور ضمن ذرَّة السيزيوم. لاحظَ بور أن هذه الإلكترونات تتحرّك بانتظام مدهش غير آبهة بقوى الشدّ الناتجة عن سلاسل الجبال أو المد والجَزر. تدور هذه الإلكترونات بإيقاع أكثر انتظامًا من دوران الأرض بأضعاف مضاعفة.

صُنعت أول الساعات الذرية في منتصف الخمسينات من القرن العشرين، وسجّلت مباشرة مستوى جديدًا من الدقة: أصبحنا قادرين على قياس الوقت على مستوى نانو/ثانية (أي جزء من البليون من الثانية)، وهذه دقة تعادل ألف مرة دقة الميكرو/ثانية التي حصلنا عليها من ساعات الكوارتز. لقد كانت تلك القفزة إلى الأمام هي التي مكّنت في النهاية المؤتمر الدولي للأوزان والمقاييس العام 1967 من الإعلان أن الوقت قد حان لإعادة اختراع الوقت. في المرحلة الجديدة، سيتم ضبط التوقيت الحاكم لكوكب الأرض باستعمال واحدة الثواني الذرية: وهي المدة التي يستهلكها حدوث 9,192,631,770 فترة إشعاع مطابقة للانتقال بين مستويين فائقَيّ الدقة من الحالة المستقرة لذرة السيزيوم 133. لم يعد طول اليوم يُعَرَّف على أنه الوقت الذي تستغرقه الأرض لتكمل دورة واحدة. لقد أصبح طول اليوم يعادل 86,400 ثانية ذرّية، تُسَجَّل على 270 ساعة ذرية متزامنة ومنتشرة في أنحاء العالم.

إلا أن ضابطي الوقت القدامى لم يختفوا تمامًا، إذ إن الساعات الذرّية الحديثة تَعُدُّ الثواني باستعمال آلية الكوارتز، معتمدةً على ذرّة السيزيوم وإلكتروناتها في تصحيح أي شذوذ عشوائي في ضبط الكوارتز للوقت. يُعاد تصحيح الساعات الذرية مرة كل عام على أساس الانحراف الشواشي لمدار الأرض، وذلك بزيادة أو إنقاص ثانية بحيث لا يبتعد



البروفسور تشارلز إيتش تاونز، المدير التنفيذي في قسم الفيزياء في جامعة كولومبيا، يشاهد واقفاً إلى جانب الساعة الذرية في قسم الفيزياء في الجامعة.
تاريخ نشر الصورة: 25 كانون ثاني، 1955

تزامن الإيقاع الذرّي والشمسي عن بعضهما كثيرًا جدًا. إن حقول العلم المتعددة ذات العلاقة باختصاص ضبط التوقيت -علم الفلك، الميكانيك الكهربائي وفيزياء ما تحت الذرة- مدمَجة جميعها في تلك الساعة الرئيسية الناظمة للتوقيت.

قد يبدو ظهور النانو/ ثانية انتقالًا غريبًا في عالم ضبط الوقت، وهو لا يعني سوى الأشخاص المهتمّين بحضور مؤتمر حول الأوزان والمقاييس. إلا أن تغييرات كبيرة قد حصلت في الحياة اليومية منذ ظهور التوقيت الذرّي -إمكانية السفر جوًا عبر العالم، شبكات التلفون، الأسواق المالية- وتعتمد هذه التغييرات جميعها على دقة الساعة الذرية على مستوى نانو/ ثانية. (خلِّص العالم من هذه الساعات الحديثة وتختفي تجارة أسواق المال عالية التواتر خلال نانو/ ثانية. إنك في كل مرّة تنظر فيها إلى هاتفك الذكي بغية تحديد موقعك ثانية)، تستشير، ومن دون أن تدرك ذلك، شبكة مؤلّفة من أربع وعشرين ساعة ذرّية موجودة ضمن أقمار صناعية تدور في مدار منخفض حول الأرض. ترسل هذه الأقمار الصناعية أكثر الإشارات بساطة، مرة تلو الأخرى، بشكل دائم ديمومة الأبد. الساعة الآن هي 11:48:25,084738.... الساعة الآن هي 11:48:25,084739... وهكذا، وعندما يحاول هاتفك المحمول تحديد موقعه، فهو يسحب على الأقل ثلاثة من هذه التوقيتات من القمر الصناعي، تسجل كل واحدة منها توقيتًا مختلفًا بشكل طفيف، ويعود ذلك إلى الفترة التي تحتاجها الإشارة لتنتقل من القمر الصناعي إلى المستقبِل الموجود في نظام تحديد الموقع GPS[1] الموجود في الهاتف الذي تحمله بيدك. يكون القمر الصناعي الذي يعطي توقيتًا أحدث أقرب إليك من القمر الصناعي الذي يعطي توقيتًا أسبق. وبما أن الأقمار

(1) نظام تحديد الموقع: Global Positioning System (GPS). المترجم.

الصناعية تتوضّع في مواقع يمكن التنبؤ بها بدقّة، يمكن للهاتف في يدك أن يحسب الموقع الدقيق الذي تقف فيه، وذلك عن طريق حساب المثلث المتشكل من التوقيتات الثلاثة الواصلة من الأقمار الصناعية إلى الهاتف الذكي. وكما في حالة الملّاحين البحريين في القرن الثامن عشر، يحدّد نظام تحديد الموقع GPS موقعك عن طريق مقارنة توقيت الساعات: تلك هي، في الحقيقة، إحدى القصص المتكررة في تاريخ الساعات: يُمَكِّن كل تطور جديد في مجال ضبط الوقت تطوّرًا موازيًا له في براعتنا في مجال الجغرافيا - من السفن، إلى السكك الحديدية، إلى الملاحة الجوية، إلى نظام تحديد الموقع-. إن آينشتاين كان ليقدّر الفكرة التالية: تبيَّن أن قياس الوقت هو مفتاح لقياس الفضاء.

عندما تنظر إلى هاتفك المحمول في المرة القادمة لمعرفة الوقت أو لتحديد موقعك، بنفس الطريقة التي كنت تنظر فيها إلى ساعة يدك أو إلى خريطة منذ عقدين من الزمن فقط، تأمّل في الشبكة الضخمة ومتعدّدة الاختصاصات من العبقرية البشرية التي وُظِّفت لجعل هذا الشيء ممكنًا. إن مقدرتك على تحديد الوقت من هاتفك تنطوي على فهم لآلية دوران الإلكترونات داخل ذرّات السيزيوم؛ معرفة كيفية إرسال إشارات المَوجات الدقيقة (الميكروويف) من الأقمار الصناعية وكيفية قياس سرعة انتقالها بدقّة؛ المقدرة على وضع الأقمار الصناعية في مدارات موثوقة فوق الأرض، وبالطبع علم الصواريخ اللازم لإطلاقها من سطح الأرض؛ المقدرة على إثارة اهتزازات منتظمة في كتلة من ثاني أوكسيد السيليكون -وغنيّ عن القول إنّ هذه المقدرة تعتمد أيضًا على التطورات الحاصلة في علم الحوسبة والإلكترونيات الدقيقة، وعلم الشبكات اللازمة لمعالجة المعلومات وعرضها ضمن الهاتف. أنت الآن لا تحتاج إلى معرفة أيٍّ من هذه الأشياء لتتمكّن من تحديد الوقت، فالتقدّم يعمل بهذه الطريقة: كلما زدنا مخزوننا من الفهم العلمي

والتكنولوجي كلّما تمكنّا من حجب هذا الفهم. كلما تفقّدت هاتفك بغية معرفة الوقت مدَّت المعرفة المتراكمة برمَّتها يد المساعدة لذهنك بصمت، ولكن هذه المعرفة بحد ذاتها مخبّأة بعيدًا عن عين المشاهد. إن هذا مريح جدًا لنا ولكنه، بالطبع، يمكن أن يحجب مدى المعرفة التي توصّلنا إليها منذ أحلام اليقظة التي عاشها *غاليليو* وهو يحدّق في مصباح الهيكل (المذبح) في كنيسة دومو دي *بيزا*.

قد تبدو قصة ضبط الوقت وقياسه، للوهلة الأولى، قصة تدور حول فكرة التسارع، تقسيم اليوم إلى فترات أقصر فأقصر بحيث نتمكّن من تحريك الأشياء من حولنا بسرعة أكبر: أجسامنا، والدولارات، والوحدات الحاسوبية (بِتّات). ولكن الوقت في العصر الذري تحرّك أيضًا في الاتجاه المعاكس: مخفِّضًا سرعة الأشياء بدلًا من تسريعها: قياس الوقت على مستوى العصور، وليس على مستوى الميكرو/ ثانية. في التسعينات من القرن التاسع عشر، وبينما كانت *ماري* كوري تعمل على أطروحة الدكتوراه في باريس، اكتشفت للمرة الأولى أنّ الإشعاع ليس نوعًا من التفاعل الكيميائي بين الجزيئات، ولكنه شيء متجذّر في الذرة (أي إنه من أصل بنيتها). وكان هذا في الحقيقة اكتشافًا جوهريًا لتطوّر علم الفيزياء إلى درجة أنه خوّلها أن تكون أول امرأة في التاريخ تحصل على جائزة نوبل. لفتت أبحاث *ماري* كوري بسرعة انتباه زوجها، بيير كوري، الذي تخلّى عن أبحاثه في مجال البلورات ليركّز جهده على الإشعاع. بالتعاون فيما بينهما اكتشفا أن العناصر المشعّة تتفكّك بمعدل ثابت. إن عمر النصف half-life[1] للكربون14- مثلًا، هو 5730 عامًا. ضع كمية من الكربون 14- في مكان ما مدة خمسة آلاف عام وأكثر قليلًا، وستجد أن نصفها قد اختفى.

---

(1) عمر النصف half-life: هو الزمن اللازم لتفكّك نصف كمية محدّدة من عنصر مشِعّ. المترجم.

وهكذا اكتشف العلم، مرة أخرى، مصدرًا جديدًا لضبط الوقت وقياسه - مع فارق أن هذه الساعة لم تكن تعطينا الميكرو/ ثوانٍ التي تصدر عن اهتزازات الكوارتز، أو على النانو/ ثوانٍ التي تصدرها إلكترونات السيزيوم. بل أصبح تفكّك الكربون هو ما يشير إلى الوقت بمقياس القرون والألفيات من السنين. لقد خمّن بيير كوري أنه بالإمكان استعمال معدّل تفكك بعض العناصر «كساعة» لتحديد عمر الصخور. ولكن لم يتم التوصّل لهذه التقنية، والتي تُعرف اليوم بالاسم الشائع «التأريخ بالكربون»، حتى أواخر الأربعينات من القرن الماضي. يقتصر عمل معظم الساعات على تقدير الوقت الحاضر: ما هو الوقت الآن؟ ولكنَّ ساعات الكربون المشعّ تتعلّق جميعها بتحديد توقيت الماضي. تتفكّك العناصر المختلفة بمعدلات متباينة جدًا، وهذا يعني أنها تشابه ساعات تسير على تدرّجات مختلفة. «تدقّ» ساعة الكربون14- كل خمسة آلاف سنة، ولكن ساعة البوتاسيوم 40- تدقّ كل 1,3 بليون سنة. إن هذا يجعل التأريخ بواسطة الكربون 14- ملائمًا لتحديد الوقت في الماضي السحيق لتاريخ الإنسان، في حين يقيس البوتاسيوم 40- الوقت الجيولوجي، أي إنه يقيس تاريخ الكوكب نفسه. كان قياس الوقت باستعمال أجهزة قياس الإشعاع أساسيًا في تحديد عمر الأرض نفسها، وإثبات أن ما ورد في الكتاب المقدّس من أن عمر الأرض هو ستة آلاف عام لم يكن سوى قصة خيالية وليس حقيقة. لدينا الآن معرفة غزيرة عن هجرات الإنسان ما قبل التاريخ في معظم أرجاء الكوكب ويعود الفضل في ذلك إلى التأريخ بواسطة الكربون. لقد مكّنتنا تقنية ضبط الوقت بواسطة التفكّك الإشعاعي من تحويل الفترة التي سبقت التأريخ إلى تاريخ. عندما عبر الإنسان العاقل homo sapiens ما يسمى بجسر بيرينغ لاند(1) إلى الأمريكتين منذ أكثر من

---

(1) جسر بيرينغ لاند Bering Land: هي القطعة من الأرض التي كانت تصل روسيا اليوم بالقارة الأمريكية من جهة القطب الشمالي. المترجم.

عشرة آلاف عام، لم يكن هناك مؤرخون قادرون على كتابة تقرير سرديٍّ عن رحلتهم. إلّا أن قصتهم التُقِطت، رغم ذلك، بواسطة الكربون الذي كان في عظامهم ومن توضّعات الفحم التي تركوها في مواقع تجمعاتهم. لقد كانت قصة كُتِبت بلغة الفيزياء الذرية. ولكن لم يكن بإمكاننا قراءة هذه القصة من دون وجود ساعة من نوع جديد. لولا اكتشافنا لإمكانية التأريخ بواسطة أجهزة قياس الإشعاع، كان التاريخ العميق لهجرات الإنسان أو التبدلات الجيولوجية سيبقيان أشبه بكتاب تاريخ خُلطت أوراقه بشكل عشوائي. كتاب مليء بالحقائق ولكنه يفتقر إلى التسلسل الزمني لها. لقد حوّلت معرفة التوقيت الصحيح المعطيات الخام التي كانت لدينا إلى معلومات ذات معنى.

في أعالي جبال «ساوذرن ستيك»[1] في شرق نيفادا، تنمو أيكة من أشجار صنوبر بريسلكون[2] في تربة جافة، وقلَوية. هي من أشجار الصنوبر الصغيرة في عائلة الصنوبريات ونادرًا ما يصل طولها إلى أكثر من ثلاثين قدمًا، وقد انحنت سيقانها ومالت تحت تأثير الرياح الدائمة التي تهب من امتداد الصحراء. إننا نعلم من خلال التأريخ بالكربون (ومن خلال حساب عمر الشجرة عن طريق حلقات الساق) أن عمر بعض هذه الأشجار يصل إلى أكثر من خمسة آلاف عام، وهي أكبر شيءٍ حيٍّ عمرًا على وجه الأرض.

سيجري في وقت ما من عصرنا الراهن، بعد عدة سنين، طمر ساعة في التربة تحت أشجار الصنوبر تلك، هي ساعة مصمّمة لقياس الوقت

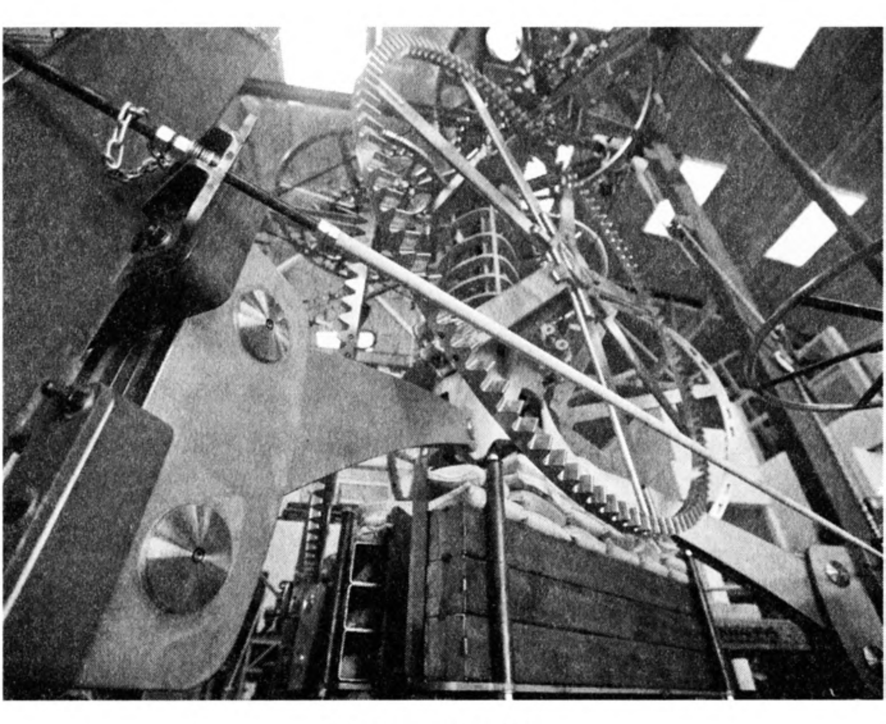
(1) جبال ساوذرن سنيك Southern Snake Mountain

(2) صنوبر بريسلكون bristle cone pines، اسمه العلمي *Pinus aristata*: شجرة صنوبر صغيرة يتراوح طولها بين 5 و13 مترًا، من عائلة الصنوبريات pinaceae، مستوطنة في جبال الروكي في الولايات المتحدة الأمريكية على ارتفاع يزيد على 2300 مترٍ، وهي أكثر الصنوبريات تعميرًا. المترجم.

بمقياس الحضارات، وليس الثواني. وهي ستكون، كما يصفها مصمّمها الأساسي، عالم الكومبيوتر داني هيليز: «ساعة يتحرّك فيها عقرب الثواني مرة كل عام. يتحرّك عقرب القرن (بدلًا من عقرب الساعات) فيها كل 100 عام، ويخرج العصفور منها ليعلن الوقت كل ألف عام». وهي مصمّمة بحيث يمكنها إعطاء الوقت الصحيح بشكل مستمر لمدة عشرة آلاف عام على الأقل، وهي فترة تعادل امتداد حضارة الإنسان حتى تاريخنا هذا. إنه تدريب من نوع مختلف لضبط الوقت. ضبط وقتٍ يعلّمنا تجنب التفكير قصير الأمد، يلزمنا بإجبار أنفسنا على التفكير بأفعالنا وما ينتج عنها على مدى قرونٍ ومدى آلاف السنين. وقد أطلق الموسيقار والفنان *بريانإينو* على هذه الساعة اسم «ساعة الآن الطويل الأمد» «the clock of long now».

تهدف المؤسسة التي ترعى هذه الساعة، وهي تحمل اسم مؤسسة «ساعة الآن الطويل» -تشارَك في تأسيسها هيليز *وإينو* وستيوارت *براند*، وقلة آخرون من ذوي الخيال الجامح- إلى بناء عدد من هذه الساعات ألفية السنين. (يجري الآن بناء أولى هذه الساعات في موقع جبلي في غرب «تكساس»). لماذا هذا البذخ والإسراف في بناء ساعة يمكن أن تدقّ معلنة الوقت مرة واحدة في العمر؟ لأن أساليب جديدة في القياس تجبرنا على التفكير في العالم على ضوء مختلف. وكما أتاحت لنا الميكرو/ ثوانٍ التي حصلنا على إمكانية قياسها من الكوارتز والسيزيوم أفكارًا جديدة غيّرت وجه حياتنا اليومية بطرائق لا تحصى، فإن إيقاع التوقيت البطيء الذي تؤمّنه «ساعة الآن الطويل» تساعدنا على التفكير بطرائق جديدة حول المستقبل. ويعبّر عن ذلك أحد أعضاء مجلس مؤسسة «كيفن كيلي» كما يلي:

> إذا كان لديك ساعة تحدّد الوقت لمدة 10,000 عام ما هو نوع الأسئلة والمشاريع التي ستطرحها علينا على مستوىً الأجيال؟



ساعة The Long Now

إذا أمكن لساعة الاستمرار في العمل لآلاف السنين، أليس حرِيٌّ بنا أن نجعل حضارتنا تقوم بالشيء نفسه أيضًا؟ إذا استمرّت الساعات تعمل بعد موتنا كأشخاص بفترة طويلة، ما الذي يمنعنا من محاولة القيام بمشاريع أخرى يتوقّف إنهاؤها على أجيال المستقبل؟ إن السؤال الأعظم هنا، والذي وجَّهه عالم الفيروسات جوناس *سالك* في أحد الأيام: «هل نسعى حقًّا إلى أن نكون أسلافًا جيّدين لخلَفِنا من الأجيال القادمة؟».

هذه هي المفارقة الغريبة للتوقيت والوقت في العصر الذَرّي: نعيش وقتنا مجزأً إلى فترات زمنية غاية في القِصَر، ويساعدنا على تنظيم وقتنا

ساعاتٌ تدور وتعمل بشكل غير مرئي وبدقة بالغة؛ إن الزمن الذي نحافظ فيه على انتباهنا وتركيزنا قصير، وقد تنازلنا عن إيقاعاتنا الطبيعية لصالح توقيت الساعة المبني على دارات إلكترونية مجرّدة. مع ذلك لدينا القدرة، في الوقت نفسه، على تخيّل وتسجيل تواريخ تعود إلى آلاف أو ملايين السنين، وأن نتتبّع سلاسل متعاقبة من الحوادث وتأثيراتها على مدى عشرات الأجيال. يمكن لنا أن نتساءل عن التوقيت في لحظة ما، وبنظرة خاطفة إلى هاتفنا الذكي نحصل على الجواب بدقة تصل إلى أجزاء الثانية، ولكن يمكن لنا أيضًا أن ندرك تمامًا أن الحصول على هذا الجواب قد تطلّب، بشكل من الأشكال، خمسمائة سنة من العمل حتى أمكن لنا الحصول عليه بهذه السرعة: بدءًا من مصباح الهيكل الذي تأمله *غاليليو* إلى اكتشاف *نيل بور* لعنصر السيزيوم، ومن الكرونوميتر (الميقاتية) إلى القمر الصناعي سبوتنيك. لقد توسّع أفق معرفتنا للوقت، مقارنة مع الشخص العادي في عصر *غاليليو*، في الاتجاهين: من ميكرو الثانية إلى الألفية.

أيٌّ من هاتين العمليّتين لقياس الوقت ستربح في النهاية: تركيزنا الضيّق على الفترات الزمنية القصيرة، أم موهبتنا في التعامل مع «الآن الطويل؟». هل سنكون في النهاية تجّارًا نعتمد التواتر السريع في التبادل التجاري، أم سنختار أن نكون أسلافًا صالحين لخلفنا؟ هذا شيء متروك للزمن ليخبرنا.



الفصل السادس

الضوء

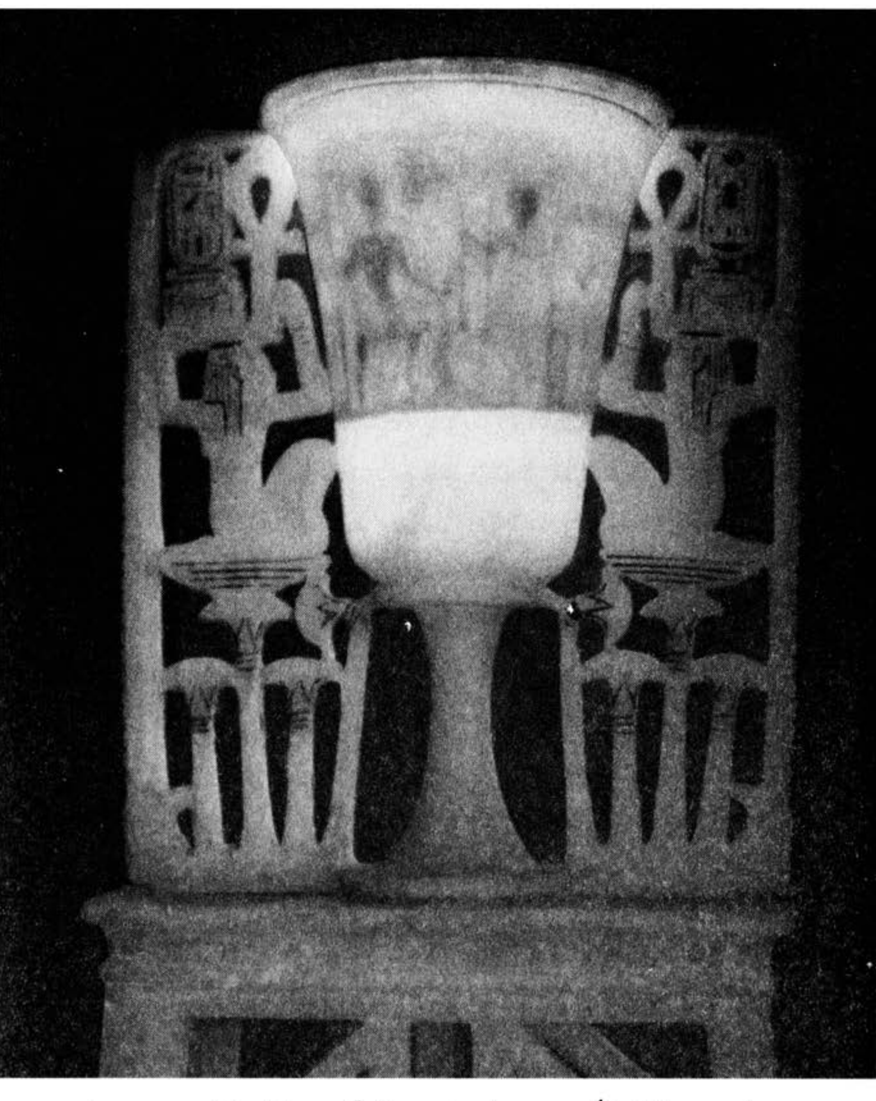
تخيّل وجود حضارة غريبة عن البشر تنظر إلى الأرض عبر المجرّات، باحثةً عن دلائل تشير إلى وجود حياة ذكيّة عليها. لن يكون هناك أي شيء يدل على ذلك عبر السنين: التقلّب اليومي للطقس وهو يعبر الكوكب، زحف المَجْلَدات (كتل الجليد) تمدّدًا أم تقلصًا كل مائة ألف سنة، أو ما يقارب ذلك، الانزياح المتزايد للقارات. ولكن، ومنذ قرن مضى، سيتجلّى فجأة تغيّر عظيم. سيلمع سطح الكوكب، ليلًا، بفعل أضواء الشوارع في المدن، بداية في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا، لينتشر بعد ذلك بثبات مغطّيًا الكوكب، مع ازدياد في حدّته. إذا ما نظرنا إلى الأرض من الفضاء، قد يكون ظهور الإضاءة الصنعية، من دون جدال، أهم تغيير جوهري في تاريخ الكوكب منذ ارتطام نيزك تشيكسولوب chixulub منذ خمسة وستين مليون عامًا، وتغطيته لكوكب الأرض بغمامة من الرماد والغبار فائقة الحرارة. من منظور فضائيّ، تُعتبر جميع التحولات التي وسمت الحضارة البشرية حوادث ثانوية: كتقابل الإبهام مع بقية أصابع اليد، اللغة المكتوبة، والطباعة - تفقد جميع هذه التحولات بريقها أمام «الإنسان المضيء».

إذا ما نظرنا إلى اختراع الضوء الصنعيّ من على سطح الأرض، سنجد الكثير من الابتكارات التي يمكن لها أن تنافس هذا الاختراع، ولكنّ التوصّل لهذا الاختراع، أي الضوء الصنعي، يعتبر نقطة علّام فارقة في تاريخ المجتمع البشري. ففي عصرنا هذا، يزيد سطوع السماء ليلًا

ستة آلاف مرة عما كان عليه منذ 150 عامًا. لقد بدّل الضوء الصنعي طريقة عملنا ونومنا، وساعد في إيجاد شبكات للاتصال، وقد يمكننا خلال وقت قصير من إحداث اختراقات في مجال إنتاج الطاقة. يرتبط المصباح الكهربائي (اللمبة) في الوعي الشعبي ارتباطًا وثيقًا بالابتكار إلى درجة أنه أصبح رمزًا للأفكار الجديدة: لقد حلّ رسم المصباح «اللمبة» محلّ مقولة «وجدتُها» لأرخميدس، في التعبير عن لحظة الاحتفال بقفزة إدراكية مفاجئة.

أحد الأشياء الغريبة المتعلّقة بالضوء الصنعي هو مدى ركود التطوّر في هذه التكنولوجيا لقرون عدة. ويكتسب هذا خصوصية صادمة إذا أدركنا أن الضوء الصنعي وصل إلينا للمرة الأولى من خلال أول تكنولوجيا، عندما تمكّن الإنسان أساسًا من إشعال النار منذ أكثر من مائة ألف سنة. طوّر البابليون والرومان مصابيح الزيت، إلا أن هذه التكنولوجيا اختفت كليًا خلال ما أطلق عليه، على نحو ملائم، عصر الظلمات. على مدى ألفي عام تقريبًا، وصولًا إلى فجر العصر الصناعي، كانت الشمعة هي الحل المسيطر في إضاءة المنازل. كانت الشموع المصنوعة من شمع النحل مرتفعة السعر إلى درجة أنها كانت متاحة فقط لرجال الدين والأرستقراطيين. اكتفى معظم الناس بالشموع المصنوعة من الشحم الحيواني، والتي اعتمدت على حرق الشحم الحيواني لإنتاج بصيص مقبول من الضوء، ترافقه رائحة كريهة ودخان كثيف.

وكما تُذكّرنا ترانيمُنا، كانت صناعة الشموع مهنة شعبية في تلك الفترة. ورد على قوائم دافعي الضرائب في باريس العام 1292 اثنان وسبعون صانع شموع، أو ما عُرِف في حينه باسم «الشمّاعون»، كانوا يعملون في المدينة. إلا أن معظم سكان المنازل كانوا يصنعون حاجتهم من شمع الشحم في منازلهم، وهي مهمّة شاقة كانت تستمر لأيام، وتتضمّن تسخين حِلل تحتوي على دهن (شحم) حيواني، وغمس فتائل



مصباح على شكل كأس من مدفن توت عنخ آمون. كان المقصود من هذه الكأس أن تملأ بالزيت وعندما تُشْعَل الذبالة (الفتيل) يبدو مشهد توت عنخ آمون وزوجته أنكيزينامون مرئيًا - المملكة الجديدة، الأسرة الثامنة

خاصة فيه. دوَّن رئيس هارفارد في مفكرته العام 1743، أنه أنتج ثمانية وسبعين باوندًا[1] من شمع الشحم الحيواني خلال يومَيّ عمل، وقد استغرق حرق هذه الشموع في ما بعد شهرين.

ليس صعبًا تخيُّل السبب الذي كان يدفع الناس إلى صرف كل هذا الوقت في تصنيع الشموع منزليًا. تخيّل كيف كانت الحياة بالنسبة لمزارع في «نيو إنغلاند» في العام 1700. تغيب الشمس في أشهر الشتاء الساعة الخامسة بعد الظهر، يليها خمس عشرة ساعة من الظلام قبل أن يحل الضوء ثانية. وعندما تغيب الشمس، يكون هناك ظلام دامس: لا أضواء في الشوارع، ولا مصابيح يدوية ولا مصابيح في المنازل، ولا أضواء نيون - حتى إن المصابيح التي تعمل على الكيروسين لم تكن قد اختُرعت بعد. هناك فقط بصيص من الضوء يصدر عن الموقد، والاحتراق المتزامن مع الدخان الصادر عن شموع الشحم الحيواني.

لقد كانت ليالي جائرة إلى درجة أن العلماء الآن يعتقدون بأن أسلوب نومنا كان يختلف جذريًا خلال العصور التي سبقت انتشار الأضواء ليلًا. في العام 2001، نشر المؤرخ روجر إكيرتش دراسة رائعة تطرّقت إلى مئات المذكرات وكتيبات التعليمات التي تشير بشكل مقنع إلى أن البشر تاريخيًا قسّموا لياليهم الطويلة إلى فترتيّ نوم واضحتين: كانوا عندما يحل الظلام يخلدون إلى «أول فترة» للنوم، ليستيقظوا بعد 4 ساعات من أجل تناول الطعام، وقضاء الحاجة، وممارسة الجنس، أو تناول أطراف الحديث بجانب الموقد، ليعودوا بعد ذلك للنوم مدة 4 ساعات أخرى خلال «ثاني فترة». أخلَّت الإضاءة التي توفّرت خلال القرن التاسع عشر بهذا الإيقاع القديم، وذلك عن طريق فتح المجال لطيف كامل من الفعاليات التي يمكن ممارستها بعد غروب الشمس: كل شيء

(1) الباوند pound: وحدة لقياس الوزن تعادل 453.59 غرامًا. المترجم.

من حضور المسرح إلى ارتياد المطاعم إلى العمل في المصانع. يدوِّن إكيرتش الطريقة التي تشكّلت فيها عادة النوم لمرة واحدة مدة ثماني ساعات متواصلة من خلال التقاليد السائدة في القرن التاسع عشر، والتي جاءت تأقلمًا مع التغيّرات الجذرية في بيئة الإضاءة السائدة في التجمعات البشرية. وكما هي الحال بالنسبة إلى جميع حالات التأقلم، ترافق الفوائد التي تجلبها مع ثمنٍ لا بد من تقديمه: ليست حالات القلق التي تنتاب ملايين البشر أواسط الليل في جميع أنحاء العالم اضطرابًا، من وجهة نظر طبية، وإنما هي إيقاعات النوم الطبيعية للجسم تفرض نفسها على عادات النوم التي تبنّاها البشر بحكم عادات القرن التاسع عشر. إن لحظات الاستيقاظ من النوم الساعة الثالثة صباحًا هي نوع من اضطراب الساعة البيولوجية كالذي ينشأ عن الرحلات الجوية بين الشرق والغرب ولكن في هذه الحالة يتسبّب به الضوء الصنعي.

لم يكن بصيص شموع الشحم الحيواني كافيًا لتبديل طبائع نومنا. لتحقيق تبدل ثقافي أساسي إلى هذا الحد، أنت بحاجة إلى نور أضواء القرن التاسع عشر الساطعة والمستقرة. مع حلول نهاية القرن سينشأ مصدر الضوء من الأسلاك المتوهّجة داخل المصابيح الكهربائية. إلا أن أول تقدّم عظيم في مجال الضوء خلال القرن سيأتي من مصدر يبدو استعماله الآن مروِّعًا: من جمجمة حيوان ثديي يصل وزنه إلى 50 طنًا.

تبدأ القصة بعاصفة. تقول الأسطورة إنه في وقت ما من العام 1712، ألقت عاصفة شمالية شرقية قادمة من ساحل «نانتوكيت» بربّان سفينة يدعى هَسي عميقًا داخل البحر. وهناك في المياه العميقة لشمال المحيط الأطلسي صادف هَسي واحدًا من أغرب مخلوقات أُمّنا الطبيعة وأكثرها رهبة: إنه (حوت العنبر).

نجح هَسي في قتل الحيوان بواسطة رمح مخصَّص لصيد الحيتان - بالرغم من أنّ بعض المشككين يظنُّ أن الحيوان رُمي إلى الشاطئ

بفعل العاصفة. على أية حال، عندما شرَّح السكان المحليون هذا الثديي العملاق، اكتشفورا شيئًا غريبًا جدًا: لقد وجدوا داخل الرأس الضخم لهذا المخلوق، تجويفًا فوق الدماغ، مملوءًا بسائل ابيض زيتي القوام. وبسبب شبهه بالسائل المنوي (النطاف) عُرِف زيت هذا الحوت باسم «الناطف».

لم يزل العلماء، حتى هذا اليوم، غير متأكدين تمامًا من سبب إنتاج هذه الحيتان للناطف بهذه الكمية الضخمة. (يحتوي الحوت الناضج على خمسمائة غالون من هذا السائل في جمجمته). يعتقد بعضهم أن الحيتان تستعمل الناطف من أجل مساعدتها في الطفو؛ في حين يرى آخرون أنه يساعد نظام تحديد الموقع عن طريق الصدى الموجود لدى الحيتان. إلا أن سكان «نيو إنغلاند» اكتشفوا، وبسرعة، استعمالًا آخر للناطف: إن الشموع المصنوعة من هذه المادة تعطي ضوءًا أكثر قوة وبياضًا من شموع الشحم الحيواني، وتخلو من الرائحة الكريهة التي تصدر عن شموع الشحم. بحلول النصف الثاني من القرن الثامن عشر، أصبحت شموع الناطف أثمن أشكال الضوء الصنعي في أمريكا وأوروبا.

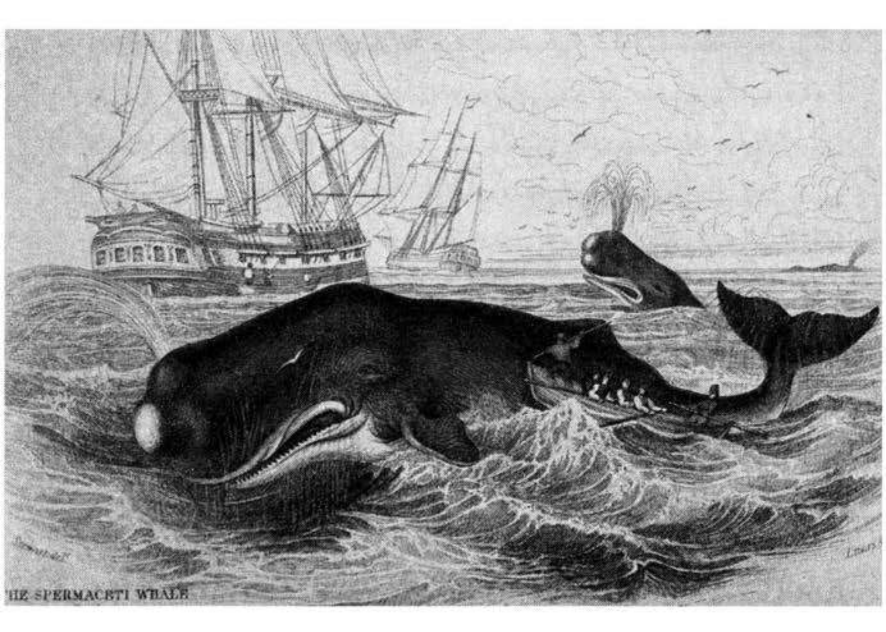
في رسالة كُتبت العام 1971، وصف بن فرانكلين مدى استمتاعه بالطريقة التي تقدّم فيها هذه الشموع: «ضوءٌ أبيض، واضحٌ، يمكن حمل الشمعة باليد، حتى عندما يكون الطقس حارًّا، من دون أن تفقد قوامها وتلين؛ وبأن نقطة الشمع عندما تسقط على الأرض لا تترك بقعًا دهنية كالتي تسببها الشموع السائدة؛ كمت أنّ شمعة الناطف تبقى لفترة أطول، وليس هناك حاجة لقص رأس الشمعة كلما أردنا إشعالها..». أصبح ضوء شمعة الناطف مادة مرتفعة الثمن بسرعة ومتوفّرة فقط للميسورين. يقدِّر البعض أنّ جورج واشنطن كان يصرف مبلغ 15,000 دولارٍ في السنة بقيمة العملة الحالية على حرق شموع الناطف. أصبحت تجارة الشموع

مربحة جدًا إلى درجة أن مجموعة من المصنعين شكلوا منظمة أطلقوا عليها اسم شركةِ شمَّاعي شُموع الناطف، وعُرِفت تقليديًا باسم «تراست الناطف»؛ وقد أُنشِئت من أجل إبعاد المنافسين خارج هذه التجارة ومن أجل الضغط على صائديّ الحيتان لإبقاء أسعارهم منخفضة.

بالرغم من السيطرة على صناعة الشموع، بقيت الفرصة ممكنة لجني عوائد اقتصادية لأي شخص يتمكّن من اصطياد حوت العنبر (الناطف). حفَّز إنتاج الضوء الصنعي من شموع الناطف انتشار صناعة صيد الحيتان، مما نتج عنه بناء مدينتين جميلتين على الساحل وهما «نانتكيت» و«إيدغار تاون». ولكن، وبقدر جمال شوارع تلك المدينتين كانت صناعة صيد الحيتان خطيرة ومنفِّرة. فُقِدت آلاف الأرواح في البحر أثناء مطاردة هذه المخلوقات العظيمة، بما فيها تلك التي نجمت عن حادثة غرق سفينة إسيكس المشهورة، والتي كانت المُلْهِم لرائعة هيرمان ميلفيل، موبي-دِيك[1].

كان استخلاص الناطف (النطاف) من رأس الحوت بنفس صعوبة صيد الحوت نفسه بواسطة الرمح المخصص لذلك. يتم حفر ثقب في جانب رأس الحوت، ويزحف رجال من خلال الثقب إلى داخل حجرة تقع فوق الدماغ - حيث كانوا يمضون أيامًا داخل الجثة المتعفّنة وهم يكشطون الناطف من فوق دماغ هذا الوحش. من المذهل التفكير أن هذا هو ما كان عليه واقع الضوء المصنَّع من حيتان الناطف منذ مائتي عام خلت فقط: إذا ما أراد جَدّ - جَدّ - جَدّ - جَدُّك قراءة كتاب بعد حلول الظلام، كان على شخص فقير ما أن يزحف داخل رأس حوت ضخم طيلة فترة بعد ظهر أحد الأيام.

(1) موبي-دِيك Moby-Dick: رواية شهيرة لهيرمان ميلفيل، نُشِرت العام 1851، وهي عن الكابتن آهاب الذي قاد فريق عمله في عملية صيد الحوت الأبيض الضخم «موبي دِيك». المترجم.



الحوت الناطف في المحيط الجنوبي، رسم ملوّن من مكتبة علم الطبيعة، 1834 - 1833 - Mammalia vol.12 رسم السير ويليام جاردين

ذُبِح أكثر من ثلاثمائة ألف حوت ناطف في غضون ما يزيد على قرن من الزمن بقليل. كان من المحتمل لأن يُذبح كامل مجتمع حيتان الناطف لو لم نجد مصدرًا جديدًا للزيت من أجل الضوء الصناعي في باطن الأرض، مما سمح بإدخال حلول تعتمد البترول كحلٍ مثل اختراع مصباح الكيروسين وضوء الغاز. وها هو أحد أغرب الانعطافات في تاريخ الإبادة (الانقراض): كان اكتشاف البشر لتوضّعات النباتات المغرقة في القِدَم في باطن الأرض (الوقود الأحفوري) سببًا في الحفاظ على أحد أغرب مخلوقات المحيطات.

سيغدو الوقود الأحفوري أساسًا لمعظم أوجه الحياة في القرن العشرين، ولكن أول استعمال له تركز حول الضوء. كانت المصابيح

الجديدة أكثر سطوعًا بعشرين مرة من أي شمعة صُنِعت حتى الآن، وساهم سطوعها الخارق في تحريض انفجار في صناعة المجلات والصحف في النصف الثاني من القرن العشرين، حيث أصبحت الساعات المظلمة بعد العمل أكثر ملاءمة للقراءة بشكل متزايد. ولكنها حرّضت أيضًا انفجارات، بالمعنى الحرفي للكلمة، حيث كان يتوفى آلاف البشر كل عام نتيجة لانفجار مصابيح القراءة وما تتسبب به من الحرائق.

بالرغم من هذه التحسينات، بقي الضوء الصنعي باهظ الكلفة وفقًا للمعايير الحديثة. إن الضوء، في مجتمعنا الحالي، زهيد الثمن ومتوفر بغزارة: منذ 150 عامًا كانت القراءة بعد حلول الظلام ضربٌ من الترف. يعطينا التقدم المطّرد للضوء الصنعي منذ ذلك الحين، وتطوره من تكنولوجيا نادرة وضعيفة إلى واحدة قوية ومتوفّرة بغزارة، خارطةً لمسار التقدّم على مدى تلك الفترة. في أواخر التسعينات من القرن العشرين، نشر المؤرّخ وليام دي نورد هاوس دراسة عبقرية رسمت ذاك المسار بتفاصيله المدهشة، محلِّلًا فيها الكِلف الحقيقية للضوء الصنعي على مدى آلاف السنين من الابتكار.

عندما يحاول المؤرخون الاقتصاديون قياس سلامة الاقتصادات مع مرور الوقت، فإنهم عادة ما ينظرون إلى معدلات الأجور كواحدة من المعايير التي يبدأون بها. هل يجني البشر اليوم أموالًا أكثر مما كانوا يحصّلونه العام 1850؟ بالطبع إن التضخّم في العملات يجعل مثل هذه المقارنات شائكة: كان من يجني 10 دولارات في اليوم يعتبر في أعلى الطبقة المتوسطة وفقًا لقيمة الدولار الشرائية في القرن التاسع عشر. وهذا هو السبب وراء وجود جداول التضخم والتي تساعد في فهم أن عشرة دولارات في ذلك الحين تساوي 160 دولارًا من العملة الحالية. ولكن التضخم يوضح جزءًا من القصة فقط. يناقش نورد هاوس: إنه أثناء

فترات التغير التكنولوجي العظيم تصبح عملية وضع مؤشّرات أسعار دقيقة وقادرة على التقاط تأثير التكنولوجيا الحديثة في مستوى الحياة أمرًا فوق طاقة وكالات الإحصاء الرسمية. تنشأ الصعوبة الأساسية في ذلك عن السبب الواضح، والذي غالبًا ما يغيب عن الأذهان، وهو أن معظم السلع التي نستهلكها اليوم لم تكن تُنتَج منذ قرن مضى. فحتى لو كنت تملك 160 دولارًا في العام 1860 لم يكن ممكنًا لك شراء حاكٍ ذي أسطوانات مطلية بالشمع، ناهيك عن شراء الآي بود. كان على الاقتصاديين والمؤرخين أن يُدخلوا ليس فقط عامل القيمة العامة للعملة، وإنما مؤشرٌ يستشعر القدرة الشرائية للعملة أيضًا.

وهذا ما اقترحه نورد هاوس باستعماله الضوء الصنعي ليضيء على القدرة الشرائية الحقيقية للأجور على مدى القرون التي مضت. تنوّعت وسائل نقل الضوء الصنعي وتفاوتت بشكل جذري على مدى السنين: ابتداءً من الشموع وصولًا إلى الديودات (الليدّات) المُصدِرة للضوء Light Emitting Diodarray (LED). ولكن الضوء الصادر عن هذه الوسائل يبقى ثابتًا، كنوع من المرساة وسط عاصفة الابتكار التكنولوجي السريع. لذلك اقترح نورد هاوس وحدته لقياس كلفة إنتاج ألف «ساعة إضاءة» من الضوء الصّنعي.

إن كلفة إنتاج ألف ساعة إضاءة بواسطة شمعة مصنوعة من الشحم الحيواني كانت حوالى أربعين سنتًا في العام 1800. في حين تبين لنورد هاوس في العام 1992، لدى كتابته لبحثه، أن مصباحًا متألّقًا يكلّف واحدًا على عشرة من السنتات (أي عِشْر سنتٍ واحدٍ) من أجل إنتاج نفس الكمية من الضوء. وهذا يعادل زيادة في فعالية الإنتاج تصل إلى أربعمائة ضعف. ولكن القصّة تصبح أكثر درامية عندما تقارن هذه التكاليف مع متوسط الأجور في تلك الفترة. إذا ما عملتَ لساعة واحدة وفقًا لمتوسط الأجور في العام 1800، يمكن لك بهذا الأجر شراء عشر

دقائق من الضوء الصنعي. أما في حال مصابيح الكيروسين في العام 1880، فإن نفس ساعة العمل ستعطيك ثلاث ساعات من القراءة ليلًا. في أيامنا هذه، يمكن لك شراء ثلاثمائة يوم من الضوء الصنعي بأجور ساعة واحدة. من الواضح أن شيئًا استثنائيًا قد حصل خلال الفترة الواقعة بين أيام شموع شحم الحيوان ومصابيح الكيروسين وبين أرض العجائب المليئة بالإنارة في أيامنا هذه. هذا الشيء هو المصباح الكهربائي.

الشيء الغريب بالنسبة للمصباح الكهربائي هو أنه غدا مرادفًا لنظرية العبقرية «ارتباط الابتكار «بعبقري» -مخترع يقوم بمفرده باختراع شيء منفرد، في لحظة من الإلهام المفاجئ- في حين أن القصة الحقيقية وراء إبداعه تشير حقيقة إلى إطار يشرح حالة الابتكار بطريقة مختلفة تمامًا: وهو ما يُعرف بطراز الإبداع المستند إلى أنظمة أو شبكة من المبدعين. صحيح أن المصباح الكهربائي يشير إلى تجاوز عتبة في تاريخ الابتكار، ولكن الأسباب مختلفة تمامًا. قد يكون من المبالغة الادعاء أن المصباح الكهربائي أتى نتيجة لجهد جماعي، ولكن الادعاء أن شخصًا بمفرده، توماس *إديسون*، هو من اخترعه قد يكون تشويهًا أكبر للحقيقة.

إن القضية المتفَق عليها تُسرَد كما يلي: بعد بداية ناجحة في عمله واختراعه للحاكي (الفونوغراف) وآلة تسجيل أسعار البورصة، أخذ إديسون البالغ من العمر واحدًا وثلاثين عامًا إجازة لبضعة أشهر من أجل السياحة في منطقة غرب الولايات المتحدة الأمريكية. من المحتمل أن اختياره لغرب البلاد لم يكن صدفة، إذ إنّ هذه المنطقة كانت ولا تزال تغرق في الظلام ليلًا بشكل أكبر من شوارع «نيويورك» و«نيوجيرسي،» اللتين كانتا مضاءتين بالمصابيح الغازية. بعد يومين من عودته إلى مخبره في مدينة ««مينلو بارك» Menlo Park، في آب العام 1878، قام برسم ثلاثة مخططات في دفتره ويعنونها بعنوان «الضوء الكهربائي». في العام 1879، يسجل طلب براءة اختراع «لمصباحٍ كهربائي» يوضح جميع

الخصائص الأساسية الموجودة في «المصباح الكهربائي» الذي نعرفه الآن. مع نهاية العام 1882، زوّدت شركةإديسون منطقة شارع بيرل في «مانهاتن» السفلى بالضوء الكهربائي.

إنها قصة اختراع مثيرة: شرارة إلهام تأتي لساحر «مينلو بارك»، وخلال عدة أعوام تضيء فكرته العالم. المشكلة في هذه القصة أن أناسًا آخرين كانوا منهمكين باختراع الضوء المتوهّج على مدى ثمانين عامًا قبل أن يولي إديسون اهتمامه إلى هذا الموضوع. يتألّف المصباح من ثلاثة عناصر أساسية: نوع من سلك معدني يتوهج عندما يجتازه تيار كهربائي، آلية محدّدة تمنع السلك المعدني من الاحتراق بسرعة، ووسيلة لإيصال الطاقة الكهربائية إلى المصباح من أجل إقلاع آلية الإضاءة. في العام 1802، قام الكيميائي البريطاني همفري ديفي بوصل سلك من البلاتين إلى بطارية كهربائية مما تسبب في توهجه لعدة دقائق. بحلول الأربعينات من القرن التاسع عشر كان هناك العشرات من المخترعين الذين عملوا بشكل منفصل عن بعضهم على تطوير أشكال مختلفة من المصابيح. مُنِحت أول براءة اختراع العام 1841 لرجل إنكليزي يدعى فريدريك دي مولينز. جمع المؤرخ آرثر أ. برايت قائمة بأسماء المخترعين الجزئيين للمصباح، وصولًا إلى انتصارإديسون في النهاية في أواخر السبعينات من القرن التاسع عشر.

التاريخ	المخترع	الجنسية	العنصر	الوسط الجوي
1838	جوبارد	بلجيكي	الكربون	تفريغ
1840	غروف	إنكليزي	البلاتين	هواء
1841	دي مولينز	إنكليزي	الكربون	تفريغ
1845	ستار	أمريكي	بلاتين/ الكربون	تفريغ هواء
1848	ستايت	إنكليزي	بلاتين/ إريديوم	هواء

التاريخ	المخترع	الجنسية	العنصر	الوسط الجوي
1849	بيتري	أمريكي	الكربون	تفريغ
1850	شيبيرد	أمريكي	إريديوم	هواء
1852	روبرتس	إنكليزي	الكربون	تفريغ
1856	دي تشانجي	فرنسي	بلاتين	تفريغ هواء
1858	غاردِنر وبلُسُوم	أمريكيان	بلاتين	تفريغ
1859	فارمر	أمريكي	بلاتين	هواء
1860	سوان	إنكليزي	الكربون	تفريغ
1865	آدامز	أمريكي	الكربون	تفريغ
1872	لوديغوين	روسي	الكربون الكربون	تفريغ نيتروجين
1875	كوسلوف	روسي	الكربون	نيتروجين
1876	بوليغوين	روسي	الكربون	تفريغ
1878	فونتاين	فرنسي	الكربون	تفريغ
1878	لان فوكس	إنكليزي	بلاتين/ إريديوم بلاتين/ إريديوم أسبيستوس/ الكربون	نتيروجين هواء نيتروجين
1878	سوْيَر	أمريكي	الكربون	نيتروجين
1878	مكسيم	أمريكي	الكربون	الهيدروكربون
1878	فارمر	أمريكي	الكربون	نيتروجين
1879	فارمر	أمريكي	الكربون	تفريغ
1879	سَوَان	إنكليزي	الكربون	تفريغ
1879	إديسون	أمريكي	الكربون	تفريغ



توماس إديسون

توصل نصف هؤلاء الرجال على الأقل إلى نفس التركيبة الأساسية التي توصل إليها إديسون في النهاية: سلك من الكربون، معلق في جوٍّ من التفريغ لمنع الأكسدة، والمحافظة بذلك على السلك من الاحتراق بسرعة. في الحقيقة، عندما كان إديسون قد بدأ أخيرًا التجريب في إنتاج ضوء كهربائي، أمضى أشهرًا وهو يعمل على نظام راجع لتنظيم تدفق الكهرباء بحيث يمنع انصهار السلك، قبل أن يتخلّى عن هذه المقاربة نهائيًا لصالح فكرة التفريغ من الهواء - بالرغم من حقيقة أن نصف الذين سبقوه في هذا المجال تقريبًا كانوا قد تبنّوا التفريغ من الهواء كأفضل بيئة من أجل الحصول على توهّج مستدام للسلك. كان المصباح نوعًا من الابتكار الذي تجمّعت أجزاؤه على مدى عقود. لم يكن هناك ما يسمى بلحظة ابتكار المصباح في قصة اختراعه. عندما آن الأوان وفتح إديسون مفتاح الكهرباء في محطة إنارة شارع بيرل، كانت هناك مجموعة بعدد أصابع اليد من الشركات التي بدأت ببيع نماذجها من المصابيح الكهربائية المتألقة. كان المخترع البريطاني سْوان قد بدأ بتنوير المنازل والمسارح قبل ذلك بعام. اخترع إديسون المصباح بنفس الطريقة التي اخترع فيها ستيف جوبز جهاز MP3: لم يكن هو الأول، ولكنه كان أول من صنع شيئًا لاقى رواجًا في السوق.

ما الذي جعل إديسون إذًا يحصل على كل هذه السمعة؟ من المغري استعمال نفس المديح التهكمي الذي صُوِّب إلى ستيف جوبز: بأنه كان خبيرًا في التسويق والعلاقات العامة. صحيح أن علاقة إديسون بالصحافة كانت حميمة في تلك المرحلة من سيرته المهنية (أعطى، في مناسبة واحدة على الأقل، أسهمًا في شركته لصحافي لقاء قيامه بتغطية صحافية أفضل للشركة). إلا أن إديسون كان خبيرًا أيضًا في ما يمكن

تسميته الآن «تطبيقات وهميةvaporware[1]»: فقد أعلن مرةً، على سبيل المثال، عن منتجات لشركته غير موجودة فعليًا وذلك من أجل ردع منافسيه. بعد مضي أشهر عدة على بدء العمل على الضوء الكهربائي، بدأ بإخبار الصحافيين في «نيويورك» أن المشكلة قد حُلَّت، وأنه على وشك إطلاق نظام وطني من الضوء الكهربائي الساحر، وأنه نظام من البساطة بحيث، وفق ما جاء على لسانه: « بإمكان ماسح الأحذية أن يفهمه».

بالرغم من كل هذا التبجّح، بقيت الحقيقة الساطعة أن افضل عيّنة من الضوء الكهربائي أُنتجت في مخبر *إديسون* لم تستمر في التألق أكثر من خمس دقائق. ولكن هذا لم يثْنِهِ عن دعوة الصحافة إلى مخبره في مينلو بارك من أجل التعرف على مصباحه الثوري. كان *إديسون* يدعو كل صحافي على انفراد، ويشعل له المصباح ويترك الصحافي يستمتع بالضوء لمدة ثلاث إلى أربع دقائق ثم يقوده خارج الغرفة. وعندما يسأله الصحافي عن الزمن الذي يستمر فيه المصباح مضاءً، كان جواب *إديسون* الواثق، إلى الأبد، تقريبًا.

ولكن ومع كل هذا الخداع، نجح إديسون وفريقه في الحصول على منتجهم الثوريّ والسحري، تمامًا كما كانت شركة آبل ستطلق على مصباح *إديسون*. ولكن هناك حدودًا لما يمكن للإعلان والتسويق إنجازه. بحلول العام 1882، أنتج إديسون مصباحًا تفوّق بما لا يدع مجالًا للشك على منافسيه، تمامًا كما تفوق الآيبود iPod على جهاز MP3 المنافس له في سنواته الأولى.

إن اختراع *إديسون* للمصباح الكهربائي كان يتعلّق، قليلًا فقط

---

(1) تطبيقات وهمية: vaporware برامج أو تطبيقات يجري الحديث عنها وعن أنَّ إطلاقها في السوق قريبًا، إلا أن طرحها في السوق يتأخر أو أنها لا تُطرح مطلقًا. ويجري اللجوء إلى هذا الإجراء كجزء من عملية المنافسة بين الشركات. المترجم.

بفكرة كبيرة فريدة، ويتعلّق بشكل أكبر بجهد كبير حول التفاصيل (إن دعابة إديسون الشهيرة حول أن الاختراع هو واحد في المائة إلهام وتسع وتسعون بالمائة جهد وعرق، تنطبق بالتأكيد على مغامراته في إنتاج الضوء الصنعي). إن مساهمة إديسون الفريدة والمهمة في إنتاج المصباح الكهربائي هي من دون جدال استعماله للسلك المكوَّن من الخيزران المُكَرْبَن carbonized bamboo الذي كان قد استقر رأيه في النهاية على استعماله. أضاع إديسون عامًا على الأقلّ في محاولة جعل البلاتين مناسبًا للاستعمال كسلك في المصباح الكهربائي، إلا أن البلاتين كان مرتفع الثمن وعرضةً للانصهار. بمجرد تخليه عن استعمال البلاتين اختبر إديسون وفريقه على عَجَل مواد مختلفة من أصل نباتي حقيقي: مواد سليلوزية، نشارة خشب (من علب خشبية، الصنوبريات، الجوز، خشب الكستناء، خشب شجر الأرز، خشب الورد، والفيقب)، الصوفان، الفلّين، الكتّان، شعر جوز الهند وقشرة الثمرة، وأنواع من الورق. وبعد عام من الاختبار والتجريب، ظهر الخيزران (البامبو) كأكثر مادة قابلة للتحمل، وهذا ما أدى إلى ظهور أغرب فصل في تاريخ التجارة العالمية. أرسل إديسون سلسلة من المبعوثين من المخبر في مينلو بارك ليطوفوا العالم بحثًا عن أكثر أنواع الخيزران توهّجًا عند الاحتراق في العالم الطبيعي. جذَّف أحد موفديه مائتي ميلٍ عبر نهر في البرازيل. بينما توجَّه آخر إلى كوبا، حيث أصيب بمجرد وصوله بالحمّى الصفراء ومات. غامر موفد ثالثٌ يدعى وليام مور بالذهاب إلى الصين واليابان، حيث عقد اتفاقًا مع مزارع محلّي لتزويده بأقوى خيزران صادفه سَحَرة مخبر مينلو بارك. بقي هذا الترتيب ساريًا عدة سنوات، جرى من خلاله الحصول على الأسلاك التي ستضيء الحجرات في كافة أنحاء العالم. قد لا يكون إديسون هو من اخترع المصباح، إلا أنه بالفعل دشّن تقليدًا سيتبيّن بأنه أساسيّ للاختراعات الحديثة: استيراد شركات الإلكترونيات

الأمريكية لقطع الغيار من آسيا. الفرق الوحيد هو أنه في زمن إديسون كانت الغابة هي المصنع الآسيوي.

يكمن العامل الأساسي الآخر في نجاح إديسون في الفريق الذي جمعه حوله في مخبر مينلو بارك، والذي يعرف بالاسم الذي لا يُنسى «المَكرْز[1] (المجدِّفون أو القذرون) muckers»: كان «القذرون (مَكرْز) مجموعة متنوّعة بشكل لافت من حيث الخبرة في مجال العمل ومن حيث جنسياتهم: الميكانيكي البريطاني تشارلز باتشلر، المختص بالآلات السويسري جون كروزي، عالم الفيزياء والرياضيات فرانسيس أبتون، وأكثر من عشرة مصممين وكيميائيين وعمال معادن. ولأن مصباح إديسون لم يكن اختراعًا لشخص بمفرده بقدر ما هو نتيجة لمجموعة من التحسينات المجتمعة، تبين أن تنوّع فريقه كان ميزة ضرورية لإديسون. مثلًا، تطلَّب حل مشكلة السلك المتوهج فهمًا علميًا في المقاومة الكهربائية وفي الأكسدة وقُدِّم هذا الجانب، بحيث جاء ذلك مكمِّلًا لأسلوب إديسون غير المنهجي والمعتمد على الحدس؛ كما أن ارتجالات باتشلر الميكانيكية هي التي مكّنتهم من اختبار عدة مواد مختلفة لاستعمالها في صناعة السلك المتوهج. شكّل المخبر في مينلو بارك بداية شكل تنظيمي سيكتسب أهمية في القرن العشرين: مخبر البحث والتطوير متعدّد الاختصاصات. بهذا المعنى، تعود جذور الأفكار والتقانات التغييرية التي خرجت من أماكن مثل مخابر بِل ومخابر زيروكس - بارك إلى ورشة إديسون. لم يقتصر جهد إديسون على اختراع تكنولوجيا فقط؛ لقد اخترع نظامًا متكاملًا للاختراع، نظامًا سيهيمن على الصناعة في القرن العشرين.

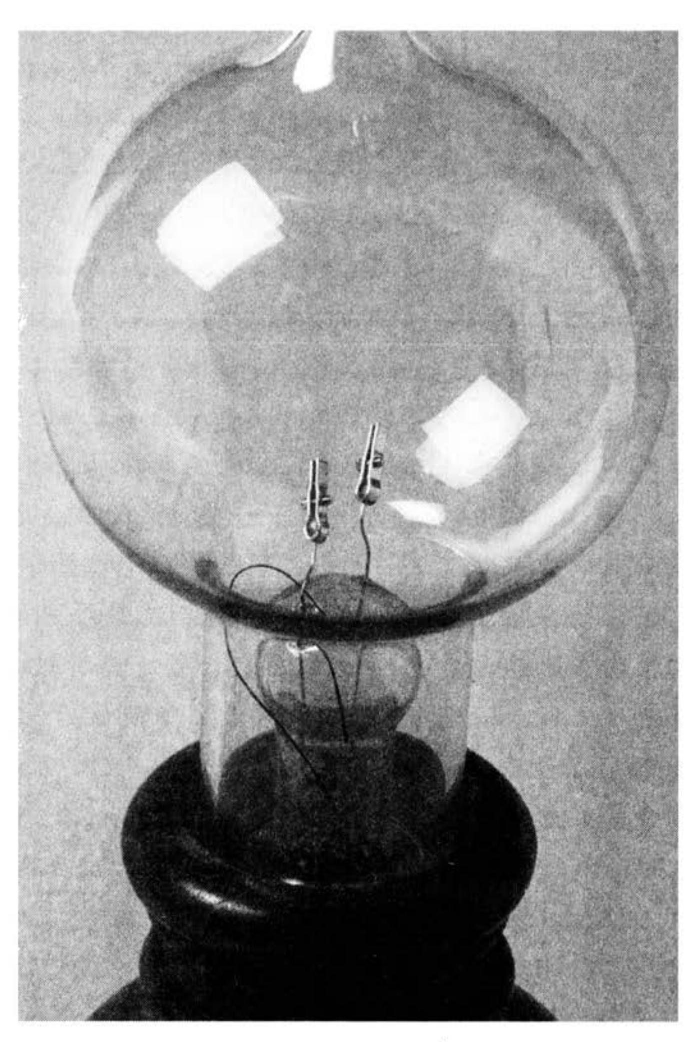
---

(1) المَكرز (المجدِّفون أو القذرون) muckers: أُطلِقت التسمية لأول مرة على أتباع تعاليم يوهان هنريتش سكونر Johann Heinrich Schonherr (1826 – 1770) ويوهان فيلهلم إيبل Johann Wilhlem Ebel (1861 – 1784). المترجم.

ساعد إديسون أيضًا في تتويج تقليد آخر سيغدو في ما بعد أساسيًا في عالم الاختراع المعاصر عالي التقانة: هذا التقليد هو الدفع لموظفيه بالأسهم بدلًا من النقد. في العام 1879، ووسط فترة من البحث المحموم للوصول إلى اختراع المصباح، عرض إديسون على فرانسيس أبتاون أسهمًا تساوي 5 بالمائة من شركة إديسون للضوء الكهربائي -بما أنه كان على أبتاون أن يتخلّى عن راتبه البالغ 600 دولار سنويًا- ووجد أبتاون صعوبة في اتخاذ القرار، إلا أنه قرر في النهاية أن يقبل عرض إديسون ويأخذ الأسهم، متجاهلًا اعتراض والده الذي كان محافظًا في ما يتعلّق بالشؤون المالية. مع نهاية العام، أدى ارتفاع قيمة أسهم إديسون إلى ازدياد قيمة أسهم أبتاون إلى 10,000 دولار وهي تعادل مليون دولار بقيمة العملة الحالية. كتب أبتاون لوالده، بقليل من التهذيب: «لا أستطيع إلا أن أضحك وأنا افكّر بك وأتذكّر كم كنت خائفاً ومترددًا».

كان إديسون عبقريًا بكل المقاييس، وقمة شامخة في عالم الابتكار خلال القرن التاسع عشر. ولكن وكما توضح قصة المصباح، فقد أسأنا فهم هذا العبقري تاريخيًا. قد تكون أهم إنجازاته هي الطريقة التي اكتشفها لجعل فريق عمله مبدعًا وخلّاقًا: تجميعه لمهارات متنوّعة في بيئة عمل تُثمِّن عاليًا التجريب وتقبّل الفشل، وتحفيز مجموعة العمل بمكافآت مادية بالتوازي مع النجاح الكلي للمؤسسة، وتطوير أفكار كانت قد نشأت في مكان آخر. قال إديسون في تصريح شهير له: «لا تثير إعجابي الأسماء العظيمة والسمعة ذائعة الصيت للأشخاص الذين يحاولون تحقيق سبق عَلَيَّ في تطوير اختراع ما... إن ما يجذبني هو أفكارهم»؛ ويضيف: «يصفونني بأنني أقرب إلى اسفنجة مني إلى مخترع، وهم محقّون في هذا الوصف».

كان المصباح نتاج شبكة من الاختراعات، ولذلك قد يبدو مناسبًا أيضًا أنّ واقع الضوء الكهربائي أتى في النهاية في هيئة شبكة أو نظام عمل



بدايات مصباح أديسون من خيوط الكربون- 1897



تعديل (تكييف) مصباح الكهرباء على شكل فرشاة لإنارة الشوارع، يقع المشهد الظاهر في الصورة قريباً من فندق فيفث آڤنيو- نيويورك

أكثر منه ككينونة منفصلة. لم تأت مرحلة الانتصار بالنسبة لإديسون مع توهّج سلك الخيزران المكَرْبَن في فراغ المصباح الكهربائي، وإنما أتت من إنارة منطقة شارع بيرل بعد عامين على اكتشاف المصباح الكهربائي. صحيح أنه من أجل جعل ذلك ممكنًا كان عليه أن يخترع المصابيح، ولكنه احتاج أيضًا منبعًا موثوقًا للتيار الكهربائي، ونظامًا من أجل توزيع هذا التيار في أنحاء المنطقة، وآلية لوصل كل مصباح منفردًا إلى شبكة إيصال التيار، ومقياس من أجل قياس كمية الكهرباء التي كان يستعملها كل منزل. إن المصباح بحد ذاته هو قطعة مثيرة للفضول، شيء يمكِن أن تبهر به الصحافيين. كان اختراع إديسون ومجموعته «القذرون، المَكَرْز» أكبر من ذلك: شبكة من الاختراعات المتعدّدة ارتبطت مع بعضها من أجل جعل سحر الضوء الكهربائي آمنًا ومنخفض الكلفة.

لماذا يتوجّب علينا الاهتمام في ما إذا كان إديسون قد اخترع المصباح كعبقري منفرد أو كواحد من شبكة أوسع من المخترعين. بدايةً، إذا أردنا اعتبار اختراع المصباح قصة مقبولة لكيفية ولادة تقنيات جديدة، فإنه يفترض بنا إخبارها وإيصالها بطريقة دقيقة. ولكن الموضوع هو أكثر من مجرد الحصول على الحقائق بشكل صحيح، وذلك لوجود تبعات اجتماعية وسياسية لهذا النوع من القصص. نحن نعلم أن أحد المحرّكات الأساسية للتقدم وتحقيق مستوى معيشة متطوّر هو الابتكارات التكنولوجية. ونحن نعلم أننا نريد تشجيع التوجهات التي نقلتنا من الحصول على عشر دقائق من الضوء الصنعي لقاء أجر ساعة من العمل إلى الحصول على ثلاثمائة يوم إضاءة مقابل هذا الأجر. إذا كنا نعتقد بأن الابتكار ينشأ عن عبقري يخترع تكنولوجيا حديثة من العدم بمفرده، سيقودنا هذا الاعتقاد أو هذا الأسلوب من التفكير، بشكل طبيعي، إلى تبنّي قرارات محدّدة تحكم سياساتنا، كأنْ نتبنّى إجراءات حماية أكثر تشددًا لبراءات الاختراع مثلًا. أما إذا اعتقدنا بأن الابتكارات تأتي نتيجة شبكات من التعاون بين المبتكرين، فسيتوجب علينا في هذه الحالة دعم سياسات مختلفة وأشكال تنظيمية مغايرة: كإصدار قوانين تسجيل براءات اختراع أقل تصلبًا، وتبنّي معايير منفتحة، وقبول مساهمة الموظفين في إقرار خطط الأسهم في الشركات، والقيام بتشبيك عابر للاختصاصات التكنولوجية. يشعّ ضوء المصباح الكهربائي إلى ما هو أبعد من مجرد تأمين الضوء للقراءة في السرير؛ إنه يساعدنا على رؤية الطريقة التي تتولّد فيها الأفكار الجديدة بشكل أوضح، وكيف يمكن لنا الاستفادة منها كمجتمع.

تبيّن أن للضوء الصنعي تأثيرًا أكثر عمقًا من القيم السياسية. بعد مضي ست سنوات على إضاءة إديسون لمنطقة شارع بيرل، سيوجّه شخصٌ خارج عن المجموعة رسالة الضوء باتجاه جديد كليًا، بينما كان يتجول

في شوارع لا تبعد عن أرض العجائب المضاءة بمصابيح إديسون. قد يكون أولئك الذين أطلق عليهم اسم القذرون (مَكَرْز muckers) هم من اخترعوا نظام الضوء الكهربائي، ولكن الاختراق التالي في عالم الضوء سيأتي من قبل شخص امتهن كشف الفضائح (مَكْراكَر muckraker).

يوجد في عمق هرم الجيزة العظيم في نقطة قريبة من مركزه تجويف يغطي واجهته حجر من الغرانيت، يعرف هذا التجويف باسم «قاعة الملوك». تحتوي القاعة على شيء وحيد وهو صندوق مربع مفتوح، يدعى أحيانًا «الصندوق الحديدي،» إلا أن اسم الحجرة يُستَمَدُّ من فرضية أن الصندوق الموجود فيها كان تابوتًا حجريًا يحتوي على جسد خوفو، الفرعون الذي بنى الهرم منذ أكثر من أربعة آلاف عام خلت. إلا أن عددًا كبيرًا من علماء الآثار المصرية المستقلين اقترح أن الصندوق له استعمالات أخرى. تشير نظرية ما زالت قائمة حتى الآن إلى أنّ للصندوق نفس الأبعاد المنسوبة إلى صندوق العهد القديم (الميثاق) المذكور في الكتاب المقدس، مما دعا البعض إلى اعتبار أن هذا الصندوق هو المكان الذي أُودع فيه العهد في أحد الأزمنة.

في خريف العام 1861، حضر زائر إلى قاعة الملوك في خضم انتشار نظرية أخرى مشابهة في غرابتها،، وتدور هذه النظرية حول ميثاق عهد قديم مختلف. كان الزائر تشارلز بيازي سميث، الذي خدم خلال السنوات الخمس عشرةالسابقة كعالم فلك ملكي في «اسكُتلندا»، بالرغم من أنه كان شخصًا متعدّد الثقافات، إضافة إلى امتلاكه اثني عشر اهتمامًا مختلفًا. كان سميث قد قرأ حديثًا مُجلَّدًا غريبًا ادَّعى أن الأهرامات بُنِيت أساسًا من قبل نوح المذكور في الكتاب المقدس. بعد أن كان سميث لفترة طويلة عالمًا بالآثار المصرية من خلال اطلاعه على الكتب فقط، ومن دون أي خبرة عملية، بدأ هوَسه بهذه النظرية ينمو إلى درجة أنه غادر مكتبه في «إدنبرة» متوجّهًا إلى «الجيزة» بغية القيام بأبحاثه

بنفسه. سيقوده عمله الاستقصائي في النهاية إلى خليط غريب من علم معاني الأرقام والتاريخ القديم، نُشِر في سلسلة من الكتب والكراسات على مدى السنين التي تلت. إن التحليل الدقيق الذي أجراه سميث لبنية الأهرامات قاده إلى الاقتناع بأن بُناتَها اعتمدوا وحدة قياس كانت مطابقة تقريبًا للإنش الإنكليزي. وقد فَسَّر سميث هذا التوافق على أن الإنش هو وحدة قياس مقدّسة، أرسِلت من الخالق إلى نوح مباشرة. وقد أعطى هذا التفسير سميث السلاح اللازم لمهاجمة النظام المِتْري في القياس، الذي كان قد بدأ يتسلل إلى «بريطانيا» عبر القناة الإنكليزية (بحر المانش). لقد أوضح الكشف عن الإنش المصري أن نظام القياس المِتري لم يكن فقط مجرّد عَرَض من أعراض التأثير الفرنسي الخبيث، وإنما كان خيانة للإرادة الإلهية أيضًا.

بالرغم من أن اكتشافات سميث في الهرم العظيم لم تصمد أمام اختبارات الزمن، ولم تحمِ بريطانيا من تبني النظام المتري، إلا أنه نجح في صناعة التاريخ في قاعة الملوك. جلب سميث معه إلى الجيزة أدوات التصوير بالألواح الرطبة، هذه التقنية البدائية وسريعة العطب، من أجل توثيق اكتشافاته. إلا أنه لم يكن ممكنًا للألواح الزجاجية المطلية بالكولوديونcollodion[1] التقاط صورة واضحة لقاعة الملوك، حتى بعد إضاءة الغرفة بضوء المِشعَل. جرّب المصورون استعمال الضوء الصنعي منذ بدايات التصوير الشمسي عندما طُبِعت أوائل الصور الشمسية في الثلاثينات من القرن التاسع عشر. إلا أنّ معظم المحاولات في ذلك الوقت أعطت نتائج غير مُرْضية. (وكان واضحًا، طبعًا، أن الشموع ومصابيح الكيروسين لم تكن ذات فائدة في هذا المجال). لجأ

(1) الكولوديون collodion: سائل دبق مؤلف من النيتروسيلولوز محلول في مزيج من الكحول والإيثير يستعمل لتغطية الجروح حيث يشكل غطاء مرنًا فوق الجرح، كما استُعمِل سابقًا في طلاء ألواح التصوير الزجاجية. المترجم.

المصورون في أولى تجاربهم إلى تسخين كرات من كربونات الكالسيوم -وهي «ضوء الكلس» الذي استُعمِل في إضاءة أعمال الإنتاج المسرحي حتى بزوغ فجر الضوء الكهربائي- إلا أن الصور الناتجة عن استعمال ضوء الكلس كانت تعاني من تباين حاد في الألوان وبدت الوجوه فيها كأشباح بيضاء. أدَّى فشل تجارب الضوء الصنعي إلى أنَّ الوسيلة الوحيدة التي كانت متاحة لفن التصوير الضوئي في الوقت الذي بدأ فيه سميث بتصوير قاعة الملوك، بعد مضي أكثر من ثلاثين عامًا على اختراع التصوير الشمسي، كانت بالاعتماد على استعمال ضوء الشمس الطبيعي، وهو مصدر للضوء لم يكن متاحًا في ظلمة مركز الهرم الضخم. ولكن سميث كان قد علم بتجارب حديثة استعملت أسلاكًا مصنوعة من المغنيزيوم في توليد الضوء - حيث كان المصورون يفتلون سلكًا من المغنيزيوم في شكل قوس ويشعلونه قبل التقاط الصورة بوجود هذا الضوء الخافت. كانت هذه التقنية واعدة، ولكن الضوء الناجم عن حرق المغنيزيوم لم يكن مستقرًا كما أنه أعطى كمية مزعجة من الأبخرة الكثيفة. كان حرق المغنيزيوم في الأماكن المغلقة يؤدي إلى ظهور صور الوجوه وكأنها ضمن ضباب كثيف.

أدرك سميث أن ما يحتاجه للتصوير داخل قاعة الملوك كان شيئًا أقرب إلى الوميض (فلاش) منه إلى ضوء ناجم عن الاحتراق البطيء. هكذا وللمرة الأولى في التاريخ، على حد علمنا، مزج سميث المغنيزيوم مع البارود، مولّدًا بذلك انفجارًا صغيرًا مضبوطًا أضاء جدران قاعة الملوك لمدة لا تزيد عن الثانية الواحدة، مما سمح له بتسجيل أسرار هذه القاعة على ألواح التصوير الزجاجية. في أيامنا هذه، يصادف السياح الذين يزورون الهرم العظيم إشارات تمنع استعمال الفلاش أثناء التصوير داخل هذا البناء الضخم. ولا تذكر هذه الإشارات أن هذا الهرم كان أول مكان شهد اختراع الفلاش، أو أنه على الأقل، أحد المواقع التي اختُرع

فيها التصوير بواسطة الفلاش. وكما كانت الحال بالنسبة للمصباح الذي اخترعه إديسون، فإنّ أصول قصة التصوير بواسطة الفلاش أكثر تعقيدًا وتنضوي على تشبيك أكبر. تتشكّل الأفكار الكبيرة من اندماج اكتشافات أصغر تحدث على فترات زمنية متتابعة. قد يكون سميث أول من تخيّل فكرة الجمع بين المغنيزيوم وعنصر غني بالأكسجين وقابل للاحتراق، إلا أن التصوير بالفلاش لم يصبح مهنة سائدة إلا بعد مضي عقدين من الزمن على ذلك، عندما مزج عالمان ألمانيان هما: أدولف ميثيوي وهانز غيديك[1] مسحوقًا ناعمًا جدًا من المغنيزيوم وكلورات البوتاسيوم، مخلّقين بذلك خليطًا سمح بالحصول على صور باستعمال فتحة عدسة سريعة وفي ظروف من الضوء الخافت. أطلق هذان العالمان اسم بليتزليشت blitzlicht أي «الضوء اللامع» على هذا الخليط.

سريعًا ما رشحت المعلومات من ألمانيا عن اختراع غيديك وذلك في تشرين الأول من العام 1887، حيث نشرت صحيفة في «نيويورك» خبرًا سريعًا من أربعة أسطر حول «بليتزليشت»، لم يحتل الخبر صدارة الصفحة الأولى في الصحيفة، وقد تجاهل غالبية سكان «نيويورك» الخبر برمّته. إلا أن فكرة التصوير بواسطة الفلاش حرّضت سلسلة من الترابطات في ذهن أحد القراء -وهو صحافي لدى البوليس ومصوّرٍ هاوٍ- عندما وقعت عيناه على الخبر أثناء تناوله فطوره مع زوجته في «بروكلين». كان اسم ذاك الصحافي جاكوب ريس.

إنّ ريس -وهو مهاجر دانمركي كان عمره وقتئذ ثمانٍ وعشرين عامًا- سيدخل فيما بعد كتب التاريخ بوصفه أحد الصحافيين الاستقصائيين الأصلاء في أواخر القرن التاسع عشر، وهو الرجل الذي قدِم من أجل

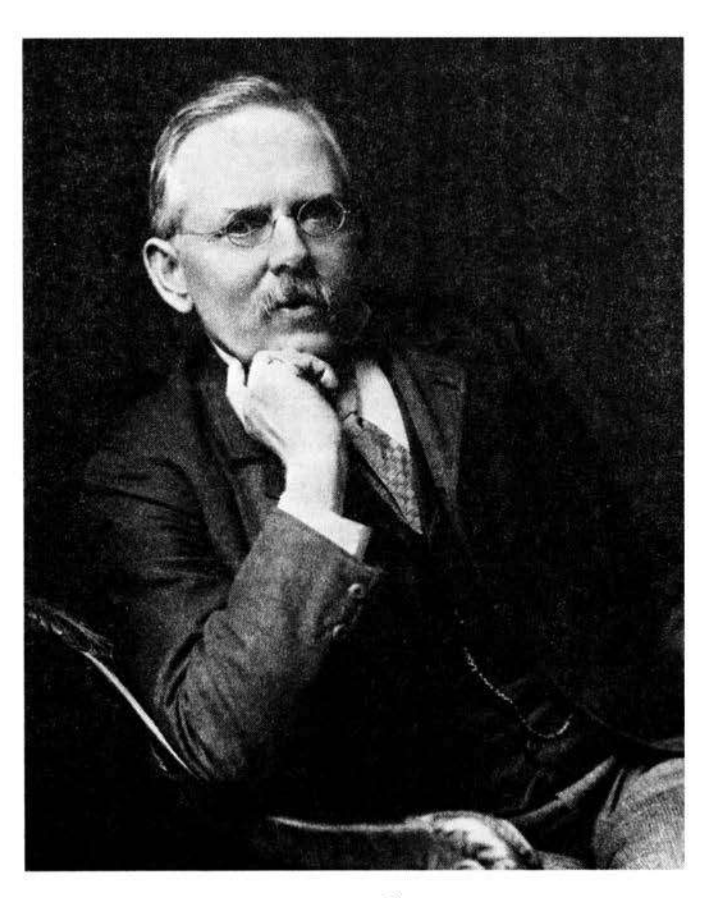
(1) أدولف ميثي Adolf Miethe. يوهانز غيديك Johannes Gaedicke.



تشارلز بياتزي سميث

تعرية بؤس الحياة في شقق الإيواء -وألهمَ حركة إصلاح تقدّمية لهذه الأحياء- أكثر من أي شخص آخر في تلك الفترة. إلا أن محاولات ريس، حتى تاريخ ذلك الإفطار، كانت قد اقتصرت على إلقاء الضوء على الشروط المروِّعة القائمة في الأحياء التي يقطنها فقراء «مانهاتن»، بهدف تغيير الرأي العام بطريقة فاعلة، لكن محاولاته باءت جميعها بالفشل. وبحكم كونه صديقًا مقرّبًا من مفتش في الشرطة هو تيدي روزفلت، كان ريس يستكشف أعماق الحياة في منطقة «فايف بُوْيْنتس» والأكواخ الأخرى في مانهاتن لسنوات طويلة. بوجود أكثر من نصف مليون شخص يعيشون في خمسة آلاف مركز إيواء فقط، كانت بعض أجزاء «مانهاتن» هي الأكثر كثافة سكانية على سطح الكوكب. كان ريس مولعًا بالقيام بجولات متأخرة ليلًا عبر الأزقة الكئيبة أثناء عودته من مركز قيادة الشرطة في شارع ملبري إلى منزله في «بروكلين». يتذكّر ريس في ما بعد قائلًا: «كنا عادة نذهب مع ساعات الصباح الأولى إلى أسوأ مراكز الإيواء لنَعدَّ الوجوه من أجل تحديد ما إذا كانت الكثافة السكانية هناك تخرق قوانين الاكتظاظ السكاني. لقد عصرت المشاهد التي رأيتها هناك قلبي إلى درجة أنني أحسست بأنه يتوجب عليَّ الإبلاغ عنها وإلّا سأنفجر، أو أتحوّل إلى فوضوي، أو أي شيء.

ولشدة ما روَّعه ما كان يشاهده في جولاته، بدأ ريس الكتابة عن المأساة الجماعية التي تعاني منها مراكز الإيواء في الصحف المحلية والمجلات الوطنية كمجلة سكريبنرز Scribner’s وهاربرز ويكلي Harper’s Weekly. تنتمي تقاريره المكتوبة حول عار وذل المدن إلى تقليد قديم يعود في قِدَمه، على الأقل، إلى زيارة ديكنز لمدينة نيويورك العام 1840، والرعب الذي أثارته في نفسه تلك الزيارة. طُبِعت على مدى السنين عدد من الإحصاءات المفصّلة حول وضاعة مراكز الإيواء، وكانت تحمل عناوين مثل «تقرير مركز علم الصحة والصحة العامة».



جاکوب رییس

بعد الحرب الأهلية ازدهر شكل جديد من كتب الدليل تحت عنوان «أشعة الشمس والظل» حول العيش في منطقة «فايف بونتس» ومثيلاتها من الأماكن، وكانت كتب الدليل هذه تُقدم للزوار الفضوليين: إرشادات حول استكشاف الأماكن البائسة التي توجد في خاصرة الحياة في المدن الكبرى، أو على الأقل استكشافها بشكل غير مباشر، من دون الدخول إليها، وذلك عن طريق الواحات الآمنة في المدن الصغيرة (اشتُقَّ التعبير «زيارة البؤس» من خلال هذه الرحلات السياحية الاستكشافية). ولكن، وعلى الرغم من الاختلافات في أسلوبها، اشتركت هذه النصوص كلّها بميزة وحيدة: انها لم يكن لها جميعها أي أثر في تحسين شروط المعيشة الحقيقية لقاطني أحزمة البؤس تلك.

لقد اعتقد ريسْ منذ زمن بعيد أن أسباب فشل جهود إصلاح مراكز الإيواء -وكافة المبادرات في حل مشكلة الفقر حول المدن بشكل عام- تعود في النهاية إلى عدم القدرة على تخيل الوضع القائم في هذه الأماكن. فما لم تجُب شوارع منطقة «فايف بوينتس» عند منتصف الليل، أو تنزل إلى الزوايا المظلمة في الشقق الداخلية حيث تسكن عدة عائلات في الشقة نفسها، لن يكون بإمكانك ببساطة تخيّل هذه الشروط حقيقةً. لقد كانت بعيدة جدًا عن الحياة اليومية التي يعيشها معظم السكان الأمريكيين، أو على الأقل معظم الأمريكيين الذين يمارسون حقّهم الانتخابي، ولذلك لم ينجح القرار السياسي الراغب بتنظيف المدن من هذه المناطق من جمع الدعم الكافي لتجاوز الحواجز التي تقف في وجه تغيير عدم الاكتراث الذي كان قائمًا.

وكما فعل في مواجهة وقائع آفات المدن الأخرى، جرّب ريسْ استعمال رسوم توضح بشكل درامي الثمن المدمِّر الذي يدفعه قاطنو مراكز الإيواء. ولكن الرسم التوضيحي لا يعطي انطباعًا حقيقيًا ويُجمِّل بشكل دائم المعاناة؛ حتى إن أكثر الأكواخ تحت الأرض كآبة يبدو ظريفًا

في الرسوم. يبدو أن الصور الفوتوغرافية هي فقط القادرة على التقاط الواقع بتفاصيله الكافية لتغيير مشاعر الناس. إلا أن ريس كان يواجه المأزق نفسه في كل مرة جرّب فيها التقاط الصور لهذه الأماكن. كان كل شيء أراد تصويره تقريبًا موجودًا في بيئات لا تحتوي إلا على كمية قليلة من الإضاءة. وبالفعل، كان أهم اعتراض على شروط سكن شقق الإيواء هو قلة ضوء الشمس الذي يدخل إليها. كانت تلك أعظم عقبة في وجه ريس: فمن وجهة نظر التصوير الفوتوغرافي، كانت أكثر البيئات أهمية في المدينة -في الحقيقة، بعضًا من أهم مناطق العيش الحديث في العالم- غير مرئية بالمعنى الحرفيّ للكلمة. ولا يمكن رؤيتها على حقيقتها.

يوضح كل ما سبق سرور جاكوب ريس عندما كان يقرأ الخبر في الصحيفة عند الإفطار. ما فائدة إضاعة الوقت في رسم ظروف العيش السيئة عندما يمكن للفلاش (البليتزليشت) أن ينشر الضوء في عتمة الظلام.

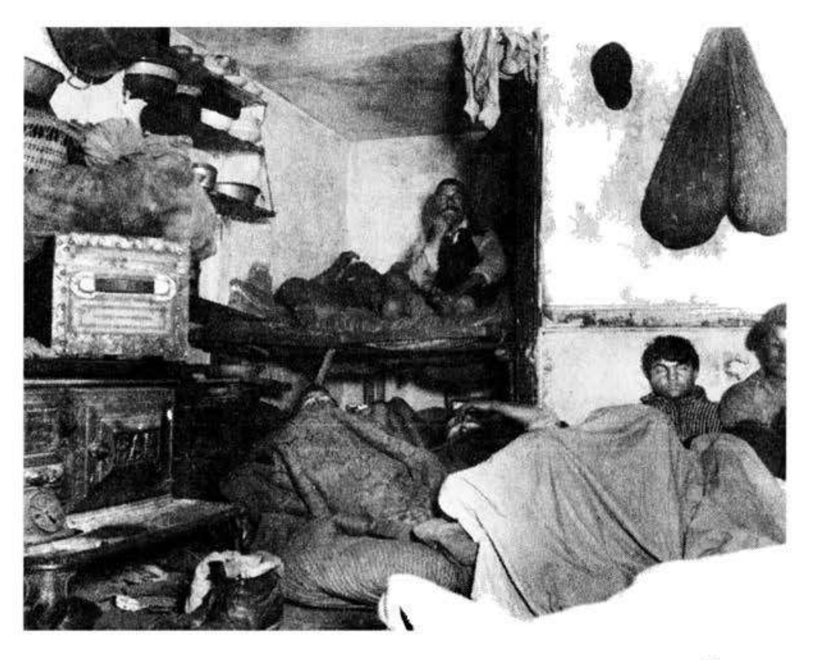
في غضون أسبوعين من قراءة ريس لخبر الفلاش في الصحيفة أثناء تناوله إفطاره، قام بتجميع فريق من المصوّرين الهواة (وبعض من ضباط الشرطة الفضوليين) من أجل الخوض في أعماق المدينة المظلمة - مسلّحين، بالمعنى الحرفي للكلمة، بالفلاش (البليتزليشت). (كان ضوء الفلاش ينبعث نتيجة إطلاق خرطوشات تحتوي على المادة من مسدس). وَجَد أكثر من عشرات من قاطنيّ منطقة «فايف بوينتس» صعوبةً في فهم وإدراك حفلة إطلاق النار تلك. وكما أوضح ريس لاحقًا: لقد كانت رؤية مشهد نصف دزينة من الرجال الغرباء يجتاحون منزلًا منتصف الليل مسلحين بمسدسات يطلقون منها أعيرة نارية بشكل عشوائي أمرًا غير مُطَمْئن، مهما بدا خطابنا مع القاطنين معسولًا، ولم يكن مستغربًا أن تجد القاطنين يفرّون عبر النوافذ، أو يهبطون عبر فتحات النجاة في أي مكان ذهبنا إليه». لم يمض وقت طويل قبل أن يستبدل ريس المسدس بمقلاة. بدت هذه الأداة المنزلية أكثر ألفةً للقاطنين، قال ريس، مما جعل من

يتعامل معهم أكثر ارتياحًا في مواجهة التكنولوجيا (إن عملية التصوير بحد ذاتها مثّلت بدعة كافية بالنسبة لهم). كان التصوير بواسطة الفلاش لا يزال عملًا محفوفًا بالمخاطر، أوشك انفجار صغير في المقلاة أن يُفقد ريس بصره، كما أنه أضرم النار مرتين في منزله وهو يجرب الفلاش الجديد. إلا أن الصور التي ظهرت من خلال الرحلات الاستكشافية للمدن ستغير في النهاية وجه التاريخ. نشر ريس صوره مستعملًا تقنيات طباعة صور تعتمد نصف درجة التلوين والإضاءة في كتاب بعنوان «كيف يعيش النصف الآخر»، وقد حقّق هذا الكتاب أفضل المبيعات، وسافر ريس في أنحاء البلاد يلقي المحاضرات التي كانت تتخلّلها صور الضوء الساحر لمنطقة «فايف بوينتس» وفقرها المدقع، الذي لم يكن معروفًا سابقًا. لقد غدا تقليد الاجتماع في غرفة مظلمة ومشاهدة صور مضاءة على شاشة طقسًا من الخيال الجامح، وتحقيقًا لأمنية في القرن العشرين. ولكن بالنسبة للعديد من الأمريكيين كانت الصور الأولى التي شاهدوها في مثل هذه البيئات صور القذارة ومعاناة البشر.

ساعدت كتب ريس ومحاضراته -والصور الملفتة التي ضمّتها- في توليد انزياح كبير في الرأي العام، وهيّأت المسرح لواحدة من أكثر فترات الإصلاح الاجتماعي في التاريخ الأمريكي. فخلال عقد من طباعتها، أنشأت صور ريس الدعم اللازم لإصدار قانون بيوت الإيواء في ولاية «نيويورك» العام 1901، وهو أحد أوائل الإصلاحات العظيمة خلال «الفترة التقدّمية[1]»، التي تخلّصت من شروط العيش المروّعة

---

(1) المرحلة التقدمية Progressive era: فترة من الفعالية الاجتماعية والإصلاحات السياسية عمّت الولايات المتحدة الأمريكية خلال الفترة ما بين تسعينات القرن التاسع عشر وعشرينات القرن العشرين. كانت الأهداف الأساسية للحركة التقدّمية تلك التخلّص من المشكلات التي تسبّب بها التصنيع، والتمدّن، والهجرة، والفساد السياسي. المترجم.



ملجأ للمهاجرين في مساكن شارع بيارد، نيويورك. تصوير جاكوب رييس

التي وثّقها ريس. أطلق عمل ريس شرارة لتقليد جديد وهو فضح الممارسات والفساد بحيث أدى في النهاية إلى تحسين ظروف العمل في المعامل أيضًا. بالمعنى الحرفي للكلمة، غيّرت الإضاءة على البؤس المظلم الذي كان قائمًا في بيوت الإيواء خريطة مراكز المدن في كافة أنحاء العالم.

نشاهد هنا أيضًا القفزات الغريبة التي تصنع التغيير في التاريخ الاجتماعي على نفس مبدأ تأثير خفقان جناح الطائر الطنان في إحداث تغيير في مكان آخر. اختراعات جديدة تقود لتبعات لم يحلم مكتشفو هذه الاختراعات بها. تبدو الفائدة من وراء مزج المغنيزيوم مع كلورات البوتاسيوم أمرًا بسيطًا: ولكن استعمالها في الفلاش (بليتزليشت) يعني أنه أصبح ممكنًا للبشر حفظ صور مأخوذة في الظلام بدقة أكبر من أي

وقت مضى. ولكن هذه الإمكانية الجديدة وسَّعت أيضًا حيِّز الممكن من حيث توافر طرائق أخرى للرؤية. وهذا ما فهمه ريس مباشرة. إذا كان بإمكانك الرؤية في الظلام، وإذا أمكنك مشاركة ما تراه في الظلام مع غرباء من كافة أنحاء العالم بفضل تقنية التصوير مع الفلاش، سيصبح ممكنًا بعد ذلك، وبعد طول انتظار، رؤية العالم السفلي لمناطق البؤس مثل منطقة «فايف بوينتس» بكل واقعها التراجيدي. وعندما يُسْتَبدل السجل الإحصائي المحتوى في «تقرير مركز علم الصحة والصحة العامة» بأشخاص حقيقيين يتشاركون حيّزًا فيزيائيًا (مكانًا) هو رمز لبؤس مدمِّر.

إنّ شبكة العقول التي اخترعت التصوير مع الفلاش -ابتداءً من الأوائل الذين جربوا انتاج الضوء عن طريق حرق الكلس إلى سيمث إلى ميثي غيديك- كانت قد وضعت لنفسها هدفًا محددًا بشكل مسبق وبوضوح، ألا وهو بناء أداة تسمح بالتقاط الصور في الظلام. لكنَّ هذا الفتح الجديد، مثله مثل كل ابتكار مهم تقريبًا في التاريخ البشري، خلق منصّةً مكّنت من إيجاد ابتكارات أخرى في مجالات مختلفة جذريًا. لدينا مَيْل إلى تنظيم العالم في فئات وخانات واضحة المعالم: يقع التصوير ضمن هذه الخانة، في حين تقع السياسة في تلك. إلا أن تاريخ تطور «البليتزليشت» (الفلاش) يذكرنا بأن الأفكار تنتقل في شبكات. تتشكّل الأفكار من خلال شبكات من التعاون، وهي بمجرّد خروجها إلى العالم تتسبّب في إقلاع تغييرات نادرًا ما تقتصر على مجالات بمفردها. إن محاولة اختراع التصوير مع وجود الفلاش في أحد القرون قد غيّرت حياة الملايين من قاطني المدن في القرن الذي تلاه.

لعبت الرؤية التي تحلّى بها ريس دورًا تصحيحيًا لمبالغات معتنقيّ الحتمية التكنولوجية الفظّة. كان من المحتم أن شخصًا ما في القرن التاسع عشر سيخترع التصوير بواسطة الفلاش. (إن الحقيقة البسيطة



مشهد مسائي وسط مدينة لاس فيغاس، نــيڤادا في ستينات القرن الماضي

المتمثّلة بأنه قد تم اختراع هذا الشيء عدة مرات تظهر لنا أن الوقت كان قد حان ونضج لتحقّق هذه الفكرة). ولكن لم يكن هناك أي شيء متأصّل في جوهر هذه التكنولوجيا يشير إلى أنها ستُستعمل في إلقاء الضوء على حيوات أقل الناس مقدرة على دفع كلفتها والاستمتاع بها. كان من الممكن منطقيًا التنبؤ بأنه سيتم التوصّل إلى إيجاد حل لمشكلة التصوير في الأماكن الخافتة الإضاءة بحلول العام 1900. إلا أنه لم يكن ممكنًا لأحد التنبؤ بأن الاستعمال الأساسي الأول لمثل هذا الحل سيأتي على شكل حملة ضد الفقر والبؤس في المدن. ينتمي هذا المنعطف التاريخي لريس وحده. إن تقدّم التكنولوجيا يوسّع حدود الممكن من حولنا، ولكن يعود لنا نحن كيفية استكشاف هذه الحدود.

في خريف العام 1968، انطلق الأعضاء الستة عشر في استوديو خريجي كلية الفنون والعمارة بجامعة «يال» -ثلاثة أعضاء هيئة تدريسية وثلاثة عشر طالبًا- في رحلة استكشافية مدتها عشرة أيام من أجل دراسة للتصميم المدني في شوارع مدينة على أرض الواقع. لم يكن هذا بحد ذاته شيئًا جديدًا: لطالما كان طلاب العمارة يزورون الآثار والنصب التذكارية في «روما» و«باريس» و«برازيليا» منذ ان كان هناك طلاب في أقسام العمارة. ولكن ما جعل هذه المجموعة خارجة عن المألوف هو أن أعضاءها تخلّوا عن سحر مدينة «نيوهيفن» القوطيّ الطراز ليستبدلوه بمدينة من نوع آخر، مدينة حدث أنها تنمو بشكل أسرع من أي من المدن القديمة: إنها «لاس فيغاس». لم تكن هذه المدينة تشبه «مانهاتن»، التي عرفها ريس بمساكن الإيواء المتراصّة والمكتظة بالسكان، في أي شيء. ولكنَّ أعضاء فريق استوديو «يال» أحسّوا، بنفس الطريقة التي أحسّها ريس، بأن هناك شيئًا جديدًا ومهمًا يحدث في قطاع «فيغاس». انجذب استوديو «يال»، والذي كان يقوده روبرت فنتوري ودينيس سكوت براون الفريق المكوّن من زوج وزوجة، واللذين سيغدوان المؤسِّسَين لعلم العمارة ما بعد الحديثة، إلى تخوم الصحراء متأثرَين بحداثة «فيغاس»، وبقيمة الصدمة الثقافية التي سيمكّنهما إحداثها في حال أخذهما لما يحدث في «فيغاس» على محمل الجدِّية، وبإحساسهما أنهما كانا يشهدان المستقبل لحظة ولادته. كانت مشاهدة نوع جديد من الضوء من أهم الأشياء التي أتوا لمشاهدتها في «فيغاس». لقد كان انجذابهم إلى «فيغاس»، كما لو أنهم كانوا فراشات ما بعد الحداثة وهي تنجذب إلى اللهب، إلى ضوء النيون.

بالرغم من أن النيون يعتبر من الناحية التقنية واحدًا من الغازات النادرة، إلا أنه واسع الانتشار في الغلاف الجوي للأرض، ولكن بكميات صغيرة فقط. في كل مرة تأخذ فيها نفَسًا ـ فإنك تستنشق كمية

صغيرة من النيون، ممزوجة مع كل من النيتروجين والأوكسجين اللذين يُشبعان هواء الشهيق. في السنوات الأولى من القرن العشرين، ابتدع عالم فرنسي يدعى جورج كلود تقنية لإسالة الهواء، الأمر الذي مكّن من إنتاج كميات كبيرة من النيتروجين السائل والأوكسجين. أدت معالجة هذه العناصر على المستوى الصناعي إلى الحصول على منتج ثانوي وهو النيون. بالرغم من أن تركيز النيون في عملية الإنتاج هذه منخفض جدًا وبمستوى جزء واحد من أصل كل 66,000 جزء من الهواء، إلا أن كلود كان بإمكانه إنتاج مائة ليتر من النيون خلال يوم عمل كامل.

مع توفّر هذه الكميات الكبيرة من النيون بدون توفّر استعمال مناسب لها، قرر كلود أن يستكشف إمكانية أي استعمال مناسب لها، وهكذا، وعلى طريقة العالِم المجنون، عزل غاز النيون ومرر تيارًا كهربائيًا من خلاله. لدى مرور التيار الكهربائي فيه، توهّج غاز النيون معطيًا ظلالًا حمراء قوية زاهية (يسمى المصطلح التقني لهذه العملية التأيّن). أظهرت تجارب لاحقة أن غازات نادرة أخرى كالأرغون وبخار الزئبق تنتج ألوانًا مختلفة عندما يُمَرَّر من خلالها تيار كهربائي، وأن درجة سطوعها كانت أكبر بخمس مرات من سطوع المصباح التقليدي المتوهّج. سجّل كلود بسرعة أضواء النيون التي اخترعها ضمن براءة اختراع، وقدّم عرضًا يُظهر اختراعه أمام غراند بالاس في «باريس». وعندها استعمل عوضًا عن النموذج الذي اتُبع في تأسيس *ماكدونالد* وكنتاكي *فرايد تشيكن* بعد سنوات من ذلك، وبدأت أضواء النيون بالانتشار على امتداد المدن في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية.

في أوائل العشرينات من القرن العشرين، وجد السطوع الكهربائي لمصابيح النيون طريقه إلى توم يونغ، وهو مهاجر بريطاني كان يعيش في «يوتا»، كان قد بدأ تجارة صغيرة في مجال لوحات الإشارات باستعمال أحرف مكتوبة يدويًا. لاحظ يونغ أنه بالإمكان استعمال النيون فيما هو

أبعد من مجرد ضوء ملوّن؛ فإذا ما وُضِع النيون داخل أنابيب زجاجية، يمكن للوحات الإشارات التي تستعمل النيون أن تتهجى كلمات بشكل أسهل من استعمال مجموعة من المصابيح الكهربائية العادية. وبعد حصوله على ترخيص للاستفادة من اختراع كلود، أسس يونغ تجارة جديدة تغطي جنوب غربي أمريكا. أدرك يونغ أن جسر «هوفردام»، والذي كان على وشك أن يُستكمل، سيجلب مصدرًا جديدًا وضخمًا للكهرباء إلى الصحراء، وسيكون بإمكانه تأمين تيار كهربائي قادر على تأمين أضواء النيون لمدينة بكاملها. أسس يونغ مشروعًا جديدًا أسماه *ذا يونغ إلكتريك ساين كومباني*، شركة يونغ للشارات الكهربائية، أو ما اصطلح عليه اختصارًا YESCO[1]. لم يمض وقت طويل حتى وجد نفسه ينشئ شارة جديدة لكازينو وفندق «ذا بولدر» والذي كان على وشك الافتتاح في مدينة مجهولة في صحراء نيفادا تدعى «لاس فيغاس».

كان تلاقيًا بين الصدفة وتكنولوجيا جديدة من فرنسا يجد طريقه إلى صانع شارات أحرف يدوية - وسيخلق هذا التلاقي في ما بعد واحدة من أكثر خبرات القرن العشرين المدنية شهرةً. ستغدو الإعلانات بواسطة النيون علامة فارقة لمراكز المدن الكبرى حول العالم - فكِّر في ساحة تايمز في «لندن» أو تقاطع شيمبويام في «طوكيو». ولكن لم تعانق أية مدينة أخرى النيون بنفس الحماسة غير المشروطة كما فعلت مدينة «لاس فيغاس»، وقد صُمِّمت معظم هذه المنتجات الفنية الرائعة، وعُلِّقت وتُوبِعت بالصيانة المستمرة من قبل مشروع YESCO «يسكو». ««لاس فيغاس» هي المدينة الوحيدة التي يتشكّل خط الأفق فيها من

---

(1) Young Electric Sign Company (YASCO) شركة يونغ للشارات الكهربائية (ياسكو).

شارات النيون الضوئية بدلًا عن الأبنية الشاهقة»، كتب توم وولف في أواسط الستينات من القرن العشرين. وأردف قائلًا: «يمكن للمرء النظر إلى «لاس فيغاس» من على بعد ميلٍ على الطريق 91 ولن يرى أبنية، أو أشجارًا، وإنما فقط شارات ضوئية. ولكن ما أروعها من شارات، إنها تحلّق عاليًا، وهي تدور، وتهتز، وتُحلِّق بأشكالٍ تقف أمامها مفردات تاريخ الفن المعروفة عاجزةً».

كان هذا العجز تحديدًا هو ما جذب فنتوري وبراون إلى «فيغاس» مع حاشيتهما من طلاب العمارة في خريف العام 1968. أدرك براون وفنتوري بزوغ لغة بصرية جديدة في واحة الصحراء المتلألئة، لغة لا تتوافق بشكل جيّد مع لغات التصميم الفني التجديدي المتواجدة. بدايةً، كان التركيز في «فيغاس» على النقطة الأفضل لديها وهي التنزّه بالسيارات حيث كانت تطوف عبر شارع فيرمونت أو ما يسمى اللسان: بعد ذلك أخلت واجهات المحلات وواجهات الشوارع الفرعية المكان لنماذج رعاة البقر المصنوعة من أضواء النيون بارتفاع 46 قدمًا. كما أخْلتِ الجدية الهندسية لبناء سيغرام أو برازيليا المكان للفوضى اللعوبة: اندفاعة تصاميم فترة الغرب الجامح «ذا وايلد بيست»[1]، التي رافقت فورة الذهب في مواجهة التصاميم الإنكليزية الإقطاعية المحافظة، جنبًا إلى جنب مع رسوم الأرابِسك، ويتقدّمها فيض لا ينتهي من الكنائس المخصّصة لعقود الزواج. «إن ما تفتقده العمارة الحديثة اليوم هو الإشارة والتنويه عن الماضي والحاضر، عن مرافقنا العامة العظيمة والكليشيهات القديمة، أو تضمين هذه العمارة للحياة اليومية في

---

(1) الغرب الجامح «ذا وايلد بيست The Wild Beast»: فترة من التطوّر حدثت في الغرب الأمريكي، غرب نهر الميسيسيبي خلال الفترة بين أوائل القرن العشرين وصولًا إلى الثورة المكسيكية العام 1920. المترجم.

المحيط العام، المقدّس منها والدنيوي المدَنَّس - هذه الأشياء هي التي تفتقدها العمارة الحديثة اليوم»، كتب براون وفينتوري. وأردفا قائلين: «يمكن لنا أن نتعلّم ذلك من «لاس فيغاس» كما فعل فنانون آخرون من خلال مصادرهم الدنيوية والأسلوبية».

كُتِبت لغة الإشارة والإلماح والكليشيهات تلك بأضواء النيون. ذهب براون وفينتوري بعيدًا إلى درجة أنهما وضعا رسومًا تفصيلية لكل كلمة مضاءَة مرئية في شارع فيرمونت. لقد كتبا التالي: «في القرن السابع عشر، ابتدع روبنز «مصنعًا» للرسوم يعمل فيه عمال مختلفون متخصّصون في صناعة الألبسة الجاهزة، الزخرفة، أو رسم العري. في «لاس فيغاس» يوجد فقط مثل هذه الإشارة «كلمة مصنع» فوق شركة يونغ إلكتريك ساين لصناعة الشارات المضاءة. حتى ذلك الوقت، كان جنون «فيغاس» ينتمي فقط إلى عالم التجارة المُسِفّ. إشارات صارخة الإضاءة تشير إلى الطريق الذاهب بكنز شخص آخر. إلى أوكار القمار، أو أسوأ من ذلك. ولكن براون وفينتوري لاحظا شيئًا أكثر إثارة للانتباه (أكثر تشويقًا) في كل هذه الفوضى، كما خَبِر جورج كلود منذ أكثر من ستين عامًا خلت أنّ النواتج الثانوية التي يحصل عليها شخص ما، ما هي إلا كنز لشخص آخر.

لنتفكّر في هذه المحاور المختلفة: ذرات غاز نادر (خامل)، لم يلاحظها أحد حتى العام 1898؛ عالم ومهندس يجرّب الاستفادة من منتج جانبي ناجم عن تصنيعه «للهواء المُسال»؛ مصمّم إشارات مغامر ومبادر؛ مدينة تزدهر في الصحراء بشكل لا يُعقل. لقد تضافرت هذه المحاور جميعًا لتصنع «التعلّم من لاس فيغاس[1]»، وهو عنوان الكتاب الذي سيدرسه المعماريون ومصممو المدن ويتحاورون حوله على مدى

---

(1) التعلّم من لاس فيغاس Learning from Las Vegas. لمؤلفيه ر. فينتوري R. Ventori، د. س. براون D. S. Brown، إس إيزنور S. Izenour.

عقود. لم يحظ كتاب من قبل بهذا القدر من التأثير في أسلوب ما بعد الحداثة الذي سيسود عالم الفن والعمارة على مدى العقدين التاليين.

إن كتاب «التعلّم من لاس فيغاس»، هو حالة دراسة واضحة حول الكيفية التي تظهر فيها مقاربة التفحّص الدقيق لحالةٍ ما، ولعناصر تم تجاهلها من قبل أطر التفسير والتأويل التاريخية التقليدية، وهي: الأطر الاقتصادية أو تاريخ الفن أو نموذج «العبقري المنفرد» للابتكار. عندما يُطرح السؤال لماذا جاءت ما بعد الحداثة على شكل حركة، فإن الجواب لا بد أن يتضمن، على مستوى أساسيٍّ ما، جورج كلود والمائة ليتر من غاز النيون التي كانت تتشكّل كمنتج ثانوي ناتج عن إسالته للهواء. لم يكن ابتكار كلود هو السبب الوحيد، بأي شكل من الأشكال، ولكن فن عمارة ما بعد الحداثة كان سيتبع مسارًا مختلفًا على أية حال لو أنه كان في عالم بديل خالٍ من أضواء النيون. ساهم كل من التفاعل الغريب بين غاز النيون والكهرباء ونموذج الامتيازات القائم في جعل التكنولوجيا الحديثة أقلّ ثمنًا كجزء من بنية داعمة جعلت حتى تصوّر فكرة كتاب «التعلم من لاس فيغاس» أمرًا ممكنًا.

قد يبدو هذا كما لو أنه لعبة أخرى شبيهة بلعبة سيكس ديغريز أوف كيفين بيكون Six degrees of Kevin Bacon: كل ما عليك فعله هو أن تتبع عددًا كافيًا من الحلقات في سلسلة مسببات، وسيكون بإمكانك ربط حركة ما بعد الحداثة ببناء سور الصين العظيم، أو بانقراض الديناصورات. إن صلة الوصل ما بين ضوء النيون وما بعد الحداثة هي صلة مباشرة: خلَّق كلود ضوء النيون، وجلب يونغ هذا الضوء إلى «فيغاس»، وهناك قرر فنتوري وبراون أخذ بريقه الدوراني المهتز على محمل الجد للمرة الأولى. صحيح أن فنتوري وبراون احتاجا الكهرباء، أيضًا، ولكن كل شيء آخر احتاج للكهرباء في فترة الستينات من القرن

العشرين: الهبوط على سطح القمر، فرقة الروك فيلفت أندرغراوند[1]، وخطاب «لديّ حلم» لمارتن لوثر. بنفس المنطق السابق، احتاج فينتوري وبراون الغازات النادرة أيضًا، والاحتمال كبير جدًا أيضًا أنهما احتاجا الأوكسجين لكتابة كتابهما «التعلم من لاس فيغاس». ولكنّ ما جعل قصتهما فريدة حقًا هو غاز النيون النادر.

تدلِف الأفكار من حيز العلم إلى تيار التجارة حيث تنجرف إلى دوامات الفن والفلسفة التي يصعب التنبؤ باتجاهها. ولكنها تغامر في بعض الأحيان متّجهة عكس التيار: أي تدخل من عالم التأمّل الجمالي إلى العالم الواقعي الصارم. عندما نشرهـ. جـ. ويلز روايته المبتكرة «حرب العوالم» في العام 1898، ساعد في اختراع جنس الخيال العلمي في الكتابة، وهو الذي سيلعب دورًا بارزًا في المخيال الشعبي خلال القرن التالي. إلا أن ذاك الكتاب أدخل عنصرًا أكثر دقة وتحديدًا إلى مبدأ الخيال العلمي البازغ: «الأشعة الحرارية» المستعملة من قبل سكان المريخ الغزاة من أجل تدمير مدن بكاملها. كتب ويلز عن القادمين من الفضاء (الغرباء): «إنهم قادرون، بطريقة ما، على توليد حرارة قوية داخل حجرة معدومة الناقلية بالمطلق من الناحية العملية. وتوجّه هذه المخلوقات تلك الحرارة القوية في حزمة متوازية ضد أي هدف يختارونه، وذلك بواسطة مرآة مصقولة في شكل قطع مكافئ مجهولة التركيب والبنية، تمامًا كما توجّه المرآة على شكل قطع مكافئ حزمة الضوء في المنارات البحرية.

كانت الأشعة الحرارية واحدة من تلك الاختراعات المُتَخَيَّلة التي

---

(1) فرقة ذا فيلفت أندرغراوند The Velvet Underground. فرقة موسيقى الروك، أسسها في نيويورك المغني وعازف الغيتار لو ريد Lou Reed مع عازف لآلات متعددة يدعى جون كيل Johm Kale وعازف الغيتار ستيرلينغ موريسون Sterling Moreson وضارب الدرامز أنغس ماكليز Angus Maclise. المترجم.

سيطرت على عقول وأرواح عامة الشعب. من مسلسلات فْلاش كوردون إلى سْتار ترِكْ، إلى حرب النجوم ستار وورز. أصبحت الأسلحة التي تستعمل حزمًا مركّزة من الضوء متوقّعة الوجود تقريبًا لدى أي حضارة متقدمة يُتَوقع وجودها في المستقبل. مع ذلك، لم تصبح حزم أشعة ليزر الفعلية واقعًا ملموسًا حتى أواخر الخمسينات من القرن العشرين، ولم تغدُ جزءًا من الحياة اليومية إلا بعد مضي عقدين من الزمن على تلك الفترة. لم تكن تلك هي المرة الأولى التي يسبق فيها مؤلفو كتب الخيال العلميّ العلماءَ بخطوة أو اثنتين.

ولكنَّ جماهير الخيال العلمي وقعت في خطأ، أقلُّه على المدى القصير، إذ لم يكن هناك أشعّة موت، وكان أقرب شيء نملكه إلى سلاح فلاش غوردن هو المؤشّر الليزري. عندما دخلت الليزرات حياتنا في النهاية، تبيّن أنها غير صالحة كسلاح ولكنها رائعة في مجال لم يتخيله مؤلّفو الخيال العلمي إطلاقًا: وهو معرفة سعر قطعة من العلكة.

كما المصباح، لم يكن الليزر اختراعًا منفردًا، بلْ كان، بعكس ذلك، وكما عبّر عنه مؤرخ التكنولوجيا جون جيرتنر: «نتيجةَ عاصفةٍ من الاختراعات خلال ستينات القرن العشرين»، تعود جذورها إلى أبحاث أجريت في مخابر *بِل* وهيوز *إيركرافت*، وإلى ما قام به عالم الفيزياء غوردن غولد من محاولات انتهت به إلى التوثيق الذي لا يُنسى لتصميمه الأساسي لليزر لدى مخزن للسكاكر في «مانهاتن»، والذي تابع ليدخل في معركة قانونية حول أحقيّته في براءة اختراع الليزر استمرت ثلاثين عامًا (وقد كسب هذه المعركة في النهاية). الليزر هو حزمة مركّزة بشكل عجيب، حيث تُختزل فوضى الضوء الطبيعية إلى تردّد مفرد منتظم. لقد علّق جون بيرس من مخابر *بِل* حول الموضوع قائلًا: «إن الليزر بالنسبة للضوء العادي هو مثل إشارة بث الراديو بالنسبة للتشويش».

ولكن، وعلى عكس المصباح الكهربائي، لم يكن الدافع وراء الاهتمام

المبكّر بالليزر هو الرؤية الواضحة لمنتج استهلاكي يُعتَمد عليه. كان الباحثون على دراية بأنه من الممكن استعمال إشارة الليزر المركّزة من أجل نقل المعلومات بشكل أكثر فاعلية من مقدرة الأسلاك الكهربائية، ولكن لم يكن واضحًا الكيفية التي يمكن من خلالها وضع هذا النطاق الترددي موضع الاستعمال المفيد. أوضح بيرس في ذلك الوقت قائلًا: «عندما تصادف شيئًا يتعلّق بشكل كبير بعالم الإشارة والاتصالات، كالليزر، ويكون شيئًا حديثًا ولا تعرف عنه إلا القليل بعد، ويكون لديك مَن يمتلك القدرة على فهم هذا الشيء واستثماره، فمن الأفضل لك القيام بذلك على الفور، وأن تؤجّل إلى حين آخر الإجابة عن سؤال لماذا قمت بذلك وما الفائدة التي ستجنيها من هذا الشيء. في النهاية، وكما لاحظنا سابقًا، برهنت تكنولوجيا الليزر عن أهميتها في مجال الاتصالات الرقمية، ويعود الفضل في ذلك إلى الدور الذي لعبته في مجال الألياف البصرية. ولكن أول تطبيق مهم لليزر سيظهر على منضدة دفع قيمة السلع في المحلات والمتاجر، وذلك مع ظهور ماسحات الباركود (الشريط المُرمَّز[1]) في منتصف السبعينات من القرن الماضي.

بقيت فكرة إيجاد شيفرة يمكن قراءتها بواسطة آلة، من أجل تعريف الآلة، على نوع المنتجات وأسعارها تطوف في الأذهان لنصف قرن تقريبًا. في خمسينات القرن الماضي، صمم المخترع نورمان جوزيف رودلاند شيفرة بصرية تشبه العدسة في خمسينات القرن الماضي، مستمدًّا إلهامه من الخطوط القصيرة والنقاط التي تميز شيفرة جهاز المورس (الاتصال التلغرافي)، ولكن قراءة هذه الشيفرة تطلّبت مصباحًا بقوة خمسمائة واط - أكثر سطوعًا بحوالى عشر مرات من سطوع

(1) الشريط المُرمَّز (الباركود) barcode: شريط إلكتروني يُلصق على السلع ويُقرأ بواسطة ماسحات ضوئية من أجل التعرف على سعر السلعة. المترجم.

المصباح العادي، إلا أن هذه الشيفرة لم تكن عالية الدقة حتى عند توفّر المصباح المناسب. تبيّن بشكل مباشر القدرة المميزة لليزر على مسح سلسلة من الرموز البيضاء والسوداء وتمييزها عن بعضها، حتى عندما كان الليزر في بداياته بحلول سبعينات القرن الماضي.

بعد عدة سنوات من ظهور أول ليزر فعّال ظهر النظام الحديث للباركود (الأشرطة الإلكترونية المشفَّرة) والذي عُرِف باسم شيفرة المنتجات العالمية[1]. في 26 حزيران من العام 1974، أصبحت قطعة اللبان في متجر في «أوهايو» أول منتج في التاريخ يُمسَح شريطه الإلكتروني المُشَفَّر (الباركود) بواسطة أشعة الليزر. انتشرت هذه التكنولوجيا بشكل بطيء: بحلول العام 1978 كانت نسبة المتاجر التي تملك ماسحات للأشرطة الإلكترونية (باركود) 1٪ فقط. أما الآن، فإن أي شيء يمكن شراؤه يحتوي على باركود مثبت عليه.

في عام 2012، نشر بروفسور في الاقتصاد يدعى *إيميك باسكر* بحثًا اهتم بتقدير أثر ماسحات الشريط الإلكتروني (الباركود) على الاقتصاد، موثقًا انتشار هذه التقنية في المتاجر الصغيرة العائلية وفي المتاجر الضخمة المنتشرة كسلسلة متاجر في أنحاء البلاد. أكدت المعطيات التي حصل عليها باسكر وجود جدل كبير خلال الفترة الأولى حول ميزات ومساوئ تبنّي هذه التكنولوجيا: لم يلاحظ معظم المتاجر التي أدخلت ماسحات الباركود بشكل مبكر الكثير من الفائدة نتيجة لذلك، حيث كانت هناك ضرورة لتدريب العاملين على استعمال هذه التكنولوجيا، كما أن العديد من المنتجات لم تكن مزودة بباركود بعد. إلا أنه، ومع مرور الوقت، زادت إنتاجية العمل نتيجة لتوفر الباركود على كثير من السلع. ولكن الاكتشاف الأكثر إثارة الذي بيّنته أبحاث باسكر: هو أن

(1) الشيفرة العالمية للمنتجات Universal Product Code.

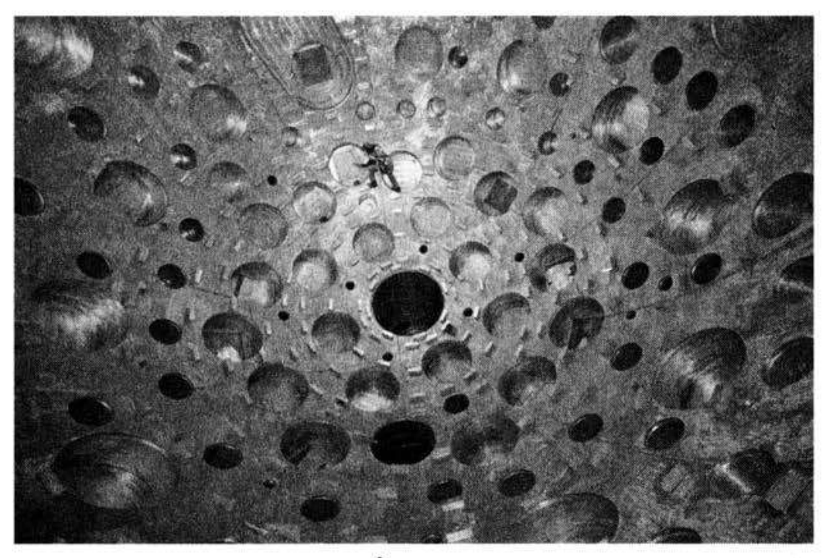
زيادة الإنتاجية في العمل الناجمة عن استعمال ماسحات الباركود لم تكن موزّعة بشكل متساوٍ. حققت المخازن الكبيرة زيادة في الإنتاجية أكبر من تلك التي حققتها المخازن الصغيرة.

كان هناك دائمًا ميزات مرافقة لإدارة قائمة ضخمة من المواد في مخزن ما: أولًا، يكون لدى المستهلك خيارات أكثر لينتقي من بينها، كما أنه يمكن شراء كل مادة بكميات كبيرة من بائعي الجملة بسعر أقل. ولكن في الأيام التي سبقت الباركود (الشريط الإلكتروني المعرِّف للمادة) والأشكال الأخرى من أدوات إدارة لوائح المواد إلكترونيًا، كانت الفائدة من وراء تخزين كمية كبيرة ومتنوعة من المواد تتناقص على حساب الكلفة التي يتطلّبها متابعة حركة هذه المواد وتسجيل المتبقي منها. فإذا ما خزَّنتَ ألف نوع من المواد بدلًا عن مائة، فإنك ستحتاج إلى عمال أكثر وإلى وقت أكبر حتى تعرف ما هي المواد التي تُطْلب أكثر من قبل المستهلك، والتي تحتاج إلى تعويض المخزون منها، وأي من المواد ما زال قابعًا على الرفوف ويستهلك الطاقة التخزينية للمخزن. ولكن الباركود وأجهزة المسح الخاصة بها خفضت كثيرًا كلفة الإبقاء على مخزون كبير من المواد. شهدت العقود التي تلت إدخال الباركود وأجهزة المسح الخاصة بها إلى الولايات المتحدة انفجارًا في حجم مخازن بيع التجزئة؛ ومع أسلوب إدارة مُؤَتْمَتْ للسلع المخزّنة، أصبحت سلسلة مخازن التجزئة حرّة في تضخّمها إلى الدرجة التي نشهدها الآن من مخازن بيع التجزئة ذات الحجم المغرق في الضخامة. من دون تكنولوجيا ماسحات الباركود كان نشوء مخازن بيع التجزئة الضخمة التي نشهدها حاليًا مثل سلسلة مخازن تارغت وبست باي والأسواق المغلقة بحجم محطة انطلاق الطائرات سيكون أمرًا أصعب بكثير. وإذا اعتبرنا أن تاريخ أشعة ليزر يحتوي على خطر الموت، لن يكون هذا سوى الموت المجازي الذي قضى، نتيجةً لتطبيقات أشعة ليزر، على مخازن البيع الصغيرة المستقلة لصالح ثورة مخازن بيع التجزئة الضخمة.

وفي حين أن المشجّعين الأوائل لأفلام الخيال العلمي مثل فيلم حروب العالم وفلاش غوردون سيصابون بخيبة أمل لدى رؤيتهم الليزر العظيم يستعمل في مسح علب العلكة -استعمال الضوء المكثّف في إدارة السلع في المخازن- فإن معنوياتهم سترتفع على الغالب عندما يتأمّلون «National Ignition Facility»، «منشأة الإشعال الوطنية»، الموجودة في مخابر لورنس ليفرمور في شمال «كاليفورنيا»، حيث بنى العلماء أكبر نظام ليزر عالي الطاقة في العالم. بدأ استعمال الضوء الصنعي كمجرد إضاءة بسيطة، تساعدنا في القراءة وتسلية أنفسنا بعد حلول الظلام؛ ولم يمض وقت طويل حتى تحوّل إلى عالم الإعلان، والفن، والمعلومات. ولكن العلماء في «منشأة الإشعال الوطنية» سيستكملون دائرة استعمال الضوء، إنهم سيستعملون الليزر في محاولة لتخليق مصدر جديد للطاقة مبني على الاندماج النووي، في إعادة تخليق للعملية التي تتم بشكل طبيعي في قلب الشمس الكثيف: مصدر الضوء الطبيعي في الكون أساسًا.

عميقًا، داخل مبنى منشأة الإشعال الوطنية، قريبًا من «الحجرة الهدف» حيث تحدث عملية الاندماج النووي، هناك رواق طويل مزيَّن بما يبدو للوهلة الأولى، وكأنه سلسلة من لوحات روثكو[1] المتطابقة، يُظهِر كلٌ منها ثمانية مربعات حمراء بحجم صحن الأكل. يبلغ عدد هذه المربعات الكلي 192 مربعًا، يمثل كل منها واحدًا من حزم الليزر التي ستُطلَق بالتزامن على كريّة صغيرة من الهيدروجين داخلِ حجرة القدح. نحن معتادون على رؤية الليزر على شكل ضوء مُركّز بحجم رأس الدبوس، ولكن الليزرات الموجودة في «منشأة الإشعال الوطنية» هي أقرب في حجمها إلى قذيفة مدفع، وسيتم جمع مائتين منها مع بعض من أجل تخليق حزمة من الطاقة هي من الضخامة بحيث كان يمكن لها أن تجعلهـ جـ. ويلز فخورًا.

(1) روثكو Rothko: رسام تشتهر لوحاته بالمساحات اللونية المربعة والمستطيلة. المترجم.



ڤوغن دراغو يتفقد غرفة هدف ضخمة في منشأة الإشعال الوطنية في كاليفورنيا، موقع اختبار مستقبلي لاندماج نووي محفَّز بالضوء. سيجري توجيه إشعاعات من 192 ليزر على حبيبة مضغوطة من وقود اندماجي بغية إنتاج انفجار نووي حراري مضبوط

صُمِّم هذا البناء المعقّد والذي بلغت كلفته عدة بلايين من الدولارات، بهدف تنفيذ أعمال محدّدة لا تتجاوز فترتها مدة الميكروثانية. ويتضمّن ذلك إطلاق الليزرات على الوقود الهيدروجيني في اللحظة نفسها التي تراقِب فيها مئات الحَسّاسات والكاميرات عالية السرعة ما يحدث من فعالية نتيجة لذلك. يطلق على هذا داخل منشأة الإشعال الوطنية اسم طلقات. تتطلّب كل طلقة تنسيقًا دقيقًا لأكثر من ستمائة ألف آلية ضبط. تسافر كل حزمة ليزر مسافة 1,5 كيلومتر، ويوجِّه مسارها سلسلة من العدسات والمرايا العاكسة، وهي تقوم مجتمعة برفع قيمة الطاقة الناتجة عنها لتصل إلى 1,8 مليون جول[1] من الطاقة وخمسمائة ترليون واط، تلتقي جميعها لتقع على

(1) الجول Joul: يساوي كمية الطاقة اللازمة لتطبيق قوة بقيمة 1 نيوتن لمسافة متر واحد. النيوتن هو القوة اللازمة لتسارع 1 كغ بمعدل 1 متر/ مربع الثانية (ثا^2). المترجم.

مصدر للوقود لا يزيد حجمه على حجم حبة البوشار. يجب أن تطبق الليزرات بدقّة تحبس الأنفاس، وهذا يعادل في دقته أن تقف في حديقة AT&T في «سان فرانسيسكو» لترمي كرة بيسبول من هناك، وأن تصيب الهدف الموجود في ستاد دودجر في «لوس أنجلس»، والتي تبعد 350 ميلًا عن مكان رمي الكرة. إن كل نبضة من هذا الضوء تستمر ميكروثانية واحدة، وتملك، أثناء عمرها القصير هذا، كمية من الطاقة تعادل ألف ضعف الطاقة الموجودة في كامل شبكة الطاقة الأمريكية.

عندما تسقط كل الطاقة المنتجة في منشأة الإشعال الوطنية على أهدافها التي لا يزيد قطرها على بضعة ملليمترات تتولّد ظروف غير مسبوقة تمرّ فيها المواد المشكّلة للهدف الذي تقع عليه هذه الطاقة - درجات حرارة تفوق مائة مليون درجة، وكثافات تفوق بمئات المرات كثافة الرصاص، وضغوط عالية تفوق بمئات بلايين المرات الضغط الجوي للكرة الأرضية. تشبه هذه الشروط تلك الموجودة داخل النجوم، وفي مراكز الكواكب العملاقة، والأسلحة النووية - مما يسمح لمنشأة الإشعال الوطنية أن تخلّق ما يُعتبر، في جوهره، نجمًا صغيرًا على الأرض، دامجةً بذلك ذرات الهيدروجين مع بعضها ومطلِقةً كمية مذهلة من الطاقة. خلال تلك اللحظة العابرة، تكون كُرَيّة الوقود، عندما تَضغط أشعة الليزر الوقود الهيدروجيني، أسخن مكان في النظام الشمسي كله - أسخن، حتى، من مركز الشمس.

لا تهدف منشأة الإشعال الوطنية إلى تخليق أشعة موت - أو ماسح الباركود الأفضل. بل هدفها هو تخليق مصدر مستدام للطاقة النظيفة. في العام 2013، أعلنت منشأة الإشعال الوطنية NIF أن الجهاز ولّد للمرة الأولى طاقة كانت محصّلتها الصافية إيجابية (أي إنها تزيد على كمية الطاقة المطبّقة)، وذلك خلال عدة إطلاقات لها: تطلّبت عملية دمج ذرات الهيدروجين طاقة أقل بهامش ضئيل من الطاقة التي ولّدتها. ما

زالت هذه الطاقة غير كافية لإعادة إنتاج ذاتها بفاعلية على نطاق واسع، ولكن العلماء في منشأة الإشعال الوطنية يعتقدون بأنهم بعد إجرائهم ما يكفي من التجارب، سيتمكّنون في النهاية من استعمال أشعة الليزر التي بحوزتهم لضغط وتكثيف كُرَيَّة الوقود الهيدروجيني بتساوق كامل تمامًا. عند هذه النقطة من المفترض أن يتشكّل لدينا مصدر غير محدود للطاقة من أجل تغذية كل المصابيح وإشارات النيون وماسحات الباركود -من دون ذكر الكومبيوترات والمكيّفات والسيارات الكهربائية- التي تعتمد عليها حياتنا الحديثة.

إن هذه الليزرات المائة واثنين وتسعين التي تتلاقى جميعها لتقع على كريّة الهيدروجين هي رسالة تذكير معبّرة عن الشّوط الذي قطعناه خلال فترة من الوقت مذهلة في قِصَرِها. فمنذ مائتي عام فقط، اعتمد أكثر شكل للضوء الصنعي تطورًا على تقطيع حوتٍ على متن سفينة في وسط المحيط. في حين يمكن لنا اليوم استعمال الضوء من أجل تخليق شمس صناعية على الأرض، ولو لمدة ثانية واحدة فقط. من غير المعلوم لأحد فيما إذا كان علماء منشأة الإشعال الوطنية سيصلون إلى هدفهم في الحصول على مصدرطاقة نظيف ومستدام مبني على أساس الاندماج النووي. حتى إن البعض يرى فيها مهمة مجنونة، عبارة عن استعراض يمجّد الليزر ولن يعطي أبدًا كمية طاقة تفوق تلك التي يستهلكها. ولكن الإقلاع في رحلة بحرية لمدة ثلاث سنوات في وسط المحيط الهادي بحثًا عن حيوان ثدييّ بحريٍّ بطول ثمانين قدمًا كان هو أيضًا بكل تفاصيله ضربًا من الجنون، وبشكل ما غذّى شهيتنا إلى ضوء صنعيّ لمدة قرن كامل. من المحتمل أن يقوم الحالمون في منشأة القادح الوطني -أو أي فريق آخر من المجذّفين muckers في مكان ما من العالم- بالشيء نفسه في نهاية المطاف. إننا، بطريقة أو بأخرى، ما زلنا نطارد ضوءًا جديدًا.

الخاتمة

المسافرون عبر الزمن

في الثامن من تموز العام 1835، تزوج بارون إنكليزي يُعرَف باسم وليام كينغ ضمن مراسم زواج صغيرة في ضواحي لندن الغربية، وذلك في مقاطعة تدعى «فورد هوك»، والتي كانت يومًا ما مملوكة من قبل الروائي هنري فيلدينغ. لقد كان زواجًا بهيجًا بكل المعايير، بالرغم من أنه كان شأنًا أصغر بكثير مما كان المرء يتوقّع لشخص مثل كينغ الذي يحمل لقب بارون، ويتحدّر من عائلة ثرية. كانت حميمية هذا الزفاف نابعة من افتتان الشعب بالعروس البالغة من العمر تسعة عشر عامًا، أوغوستا *بايرون*، الجميلة والمتألقة، والمعروفة حاليًا باسمها الشائع *آدا* Ada، ابنة الشاعر الرومانسي المشهور *لورد بايرون*. كان قد مضى على وفاة الشاعر *بايرون* عقد من الزمن، وهو لم يكن قد شاهد ابنته مذ كانت رضيعة، ولكن سمعته في التألق الإبداعي وفي انحلاله الخُلُقي كانت تتردّد بشكل مستمر في أوساط الثقافة الأوروبية. لم يكن هناك في الزفاف مصوّرو المشاهير ليطاردوا بارون *كينغ* وعروسه في العام 1835، ولكن شهرة *آدا* تطلّبت اتخاذ إجراءات محدَّدة في يوم زفافها.

بعد شهر عسل قصير، بدأت *آدا* وزوجها الجديد تقسيم وقتهما بين المقاطعة التي تسكنها العائلة في «أوكام Ockham»، ومقاطعة أخرى في سُمر سِيت Somerset، ومنزل يملكونه في لندن، بادئين بذلك ما كا ن يُعدّ حياة ترف عائلية، بالرغم من التحدّي الذي واجهته حياتهما والمتجسّد في الصعوبات التي كانوا لا يُحسَدون عليها وهي حاجتهما

إلى العناية بثلاثة أماكن مختلفة للإقامة والعيش. أنجب الزوجان بحلول العام 1840، ثلاثة أطفال، ورُقِّيَ كنغ إلى مرتبة إيرل ضمن القائمة التي رافقت تتويج فكتوريا ملكة لبريطانيا.

وفقًا لمعايير المجتمع الفكتوري، كانت حياة *آدا* لتبدو حلم أي امرأة: انتماؤها إلى طبقة النبلاء، وزوج محبّ، وثلاثة أطفال مع كون أحدهم ذكرًا، وهو أمر من الأهمية بمكان من أجل التوريث. لكنها مع تسلّمها مهمات الأمومة والإشراف على مقاطعة عقارية وجدت نفسها مستنزَفة وهي تنجر إلى مسارات في الحياة غير مألوفة بالنسبة للنساء في العصر الفكتوري. في الأربعينات من القرن التاسع عشر، لم يكن خارجًا عن المألوف اهتمام المرأة بالفنون الإبداعية بشكل ما، ولا حتى ممارسة هواية كتابة القصة أو المقالات. إلا أن ذهن *آدا* كان منشدًّا باتجاه آخر. لقد كان لديها ولَع بالأرقام.

عندما كانت آدا مراهقة شجعتها أمها، *أنابيلا* بايرون، على دراسة الرياضيات، عن طريق توظيفها لسلسلة من المدرّسين الخصوصيين لتعليمها الجبر وعلم المثلثات، وكان هذا برنامجًا تدريسيًا ثوريًا بالنسبة لعصر كانت فيه النساء مُقصاة عن المؤسسات العلمية المشهورة مثل الجمعية الملكية، وكُنَّ يُعتبَرْن غير قادرات على التفكير العلمي الدقيق. ولكن، كان لدى أمها *أنابيلا* دافعًا خفيًا من وراء تطوير مهارات ابنتها في الرياضيات، آملة أن تطغى طبيعة دراستها المنهجية والعملية على التأثير الخطير لوالدها المتوفي عليها. إن الأرقام، كما تمنّت *أنابيلا*، ستحمي ابنتها من فسوق الفنّ. لفترة من الوقت، بدا كما لو أن خطة *أنابيلا* نجحت. مُنح زوج *آدا* لقب إيرل لمقاطعة «لوفليس»، وكعائلة، بدا وكأنهم على الطريق نحو تجنّب الحياة غير التقليدية التي حطّمت اللورد بايرون، والدُها، قبل ذلك بخمسة عشر عامًا. ولكن بعد تجاوز ابنها الثالث مرحلة الطفولة، وجدت *آدا* نفسها منجذبة ثانية إلى عالم



أوغستا آدا كينغ، كونتيسة لوڤليس حوالي عام 1840

الرياضيات، نتيجة لشعورها بعدم الاكتفاء والرضى عن مجرد القيام بمسؤولياتها المنزلية كأم في العصر الفيكتوري. تُظهر رسائلها خلال تلك الفترة مزيجًا غريبًا من الطموح الرومانسي -إحساسها بأن روحها أكبر من الواقع العادي التي وجدت نفسها حبيسة فيه- ومن الاعتقاد الراسخ بقوة منطق الرياضيات، وكتبت *آدا* عن الحساب التفاضلي بنفس الحماسة والاستفاضة والثقة بالنفس التي كان يكتب فيها والدها عن الحب الممنوع:

> بسبب سمة غريبة في جهازي العصبي، أمتلك إدراكًا لبعض الأشياء لا يمتلكه أحدٌ غيري... إدراك حدسي للأشياء الخفية؛ - أي الأشياء المخفية عن العين، والأذن، والأحاسيس العادية الأخرى. ستميّزني هذه الخاصّية بمفردها عن الآخرين قليلًا، في مجال الاكتشاف، ولكن لديَّ أيضًا مقدراتي الغزيرة في التفكير والاستنتاج، والمقدرة على التركيز.

في الأشهر الأخيرة من العام 1841، وصل تضارب مشاعر *آدا* بين حياتها المنزلية وطموحاتها في مجال الرياضيات إلى نقطة حرجة، وذلك عندما علمت من *أنابيلا*، أمّها، أن اللورد *بايرون*، والدَها، لديه طفلة من أختها غير الشقيقة. لم يكن والد *آدا* أكثر المؤلفين شهرة في عصره فحسب، وإنما كان متّهَمًا بسفاح القربى، وكان نتاج علاقته الفضائحية تلك فتاة كانت *آدا* تعرفها لسنوات عديدة. أفشت أمُّها، *أنابيلا*، الخبر إلى ابنتها كدليل دامغ على أن والدها *بايرون* كان حقيرًا ونذلًا، وأن أسلوب حياته المتحرّر وغير التقليدي لا يمكن أن يقود إلّا إلى الخراب.

وهكذا، وجدت *آدا لفليس* نفسها، وهي بعمر صغير لا يتجاوز الخامسة والعشرين، عند مفترق طرق، تواجه طريقتين مختلفتين للعيش كشخص بالغ في هذا العالم. يمكن لها الاستسلام إلى المسار المستقر في العيش كبارونة، والعيش ضمن حدود اللياقة والأدب التقليديَّين؛ أو

يمكنها احتضان الخصائص الغريبة لجهازها العصبي والسعي نحو مسار أصيل لها ولمواهبها المميزة.

كان خيارًا متجذّرًا بعمق في ثقافة الزمن الذي عاشت فيه *آدا*: الأدوار اللامحدودة التي كان ممكنًا للمرأة لعبها، الثروة التي ورثتها وأعطتها حرية الاختيارأساسًا، ووقت الفراغ المتوفّر لديها والذي مكّنها من التفكير مليًا في القرار الذي ستتّخذه. إلا أن المسارات التي واجهتها كانت قد رُسمت واختُطّت بواسطة جيناتها (مورثاتها)، مهاراتها وميولها، وحتى الهوَس الذي ورثته *آدا* من والدَيْها. إنها باختيارها بين استقرار الحياة المنزلية وبين ابتعاد غير مألوف بعد، عما هو تقليدي إنما كانت تختار، بشكلٍ ما، بين أمها وأبيها. كان بقاؤها مستقرة في منزلها في «أوكام بارك» المسار الأسهل لها، وقد دفعتها كل قوى المجتمع باتجاه هذا الخيار. ولكنها، شاءت ذلك أم أبت، كانت لا تزال ابنة *بايرون*. بدا خيار الحياة التقليدية بالنسبة لها وبشكل متزايد أمرًا بعيدًا عن تفكيرها.

ولكن *آدا لوفليس* وجدت طريقًا يجنّبها المأزق الذي واجهها في منتصف العشرينات من عمرها. فهي من خلال تعاونها مع شخص متألّق من العصر الفيكتوري وسابق لعصره، اختطّت لنفسها مسارًا مكّنها من إزالة حواجز المجتمع الفيكتوري من دون الرضوخ للفوضى الخلاّقة التي أحاطت بوالدها. لقد أصبحت مبرمجة للكومبيوتر.

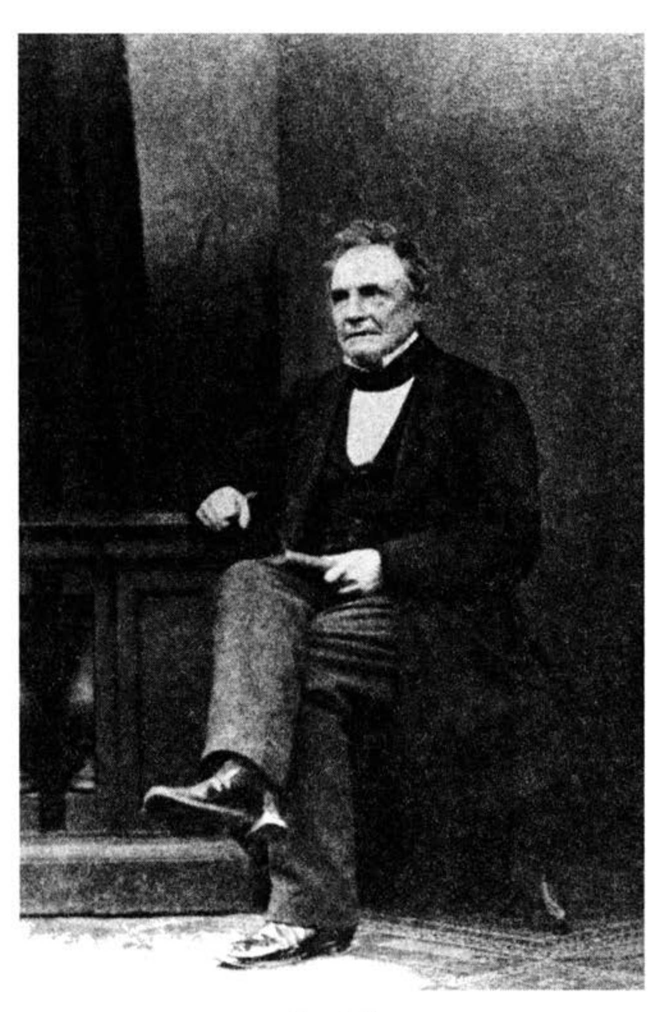
قد تبدو كتابة البرمجيات للكومبيوتر في منتصف القرن التاسع عشر مهنة غير ممكنة إلا إذا سافر المرء في الزمن نحو المستقبل. ولكن الصدفة البحتة أتاحت *لآدا* لقاء الشخص الوحيد في العصر الفيكتوري الذي سيقدّم لها هكذا مشروع. كان *تشارلز باباج*، وهو المخترع اللامع والاصطفائي في خضم كتابة خطّته الحالمة لتطوير محرّكه التحليلي. كان *باباج* قد أمضى العقدين السابقين منكبًّا على اختراع الآلات الحاسبة المتطوّرة، ولكنه ابتداء من أواسط الثلاثينات من القرن التاسع

عشر بدأ عمله على مشروع سيستمر إلى آخر حياته: تصميم كومبيوتر قابل للبرمجة، وقادر على تنفيذ سلسلة معقّدة من العمليات الحسابية التي تتجاوز الإمكانات الحسابية لأي آلة موجودة في عصره. كان محرك *باباج* التحليلي محكومًا بفشل مرتبط بجوانب عملية محددة -إذ إنه كان يحاول بناء كومبيوتر من العصر الرقمي بواسطة قطع ميكانيكية تنتمي إلى العصر الصناعي -ولكنَّ فكرة المشروع وتصوّره شكّلا قفزة نوعية إلى الأمام. تصوّر تصميم *باباج* جميع المكونات الأساسية للكومبيوترات الحديثة: فكرة وجود وحدة معالجة مركزية (أطلق عليها باباج اسم «المطحنة»)، وفكرة الذاكرة العشوائية، وفكرة البرنامج الذي يسيطر على الآلة ويسيّرها، محفور على البطاقات المثقبة نفسها التي ستستعمل في برمجة الكومبيوترات بعد قرن من ذلك الزمن.

قابلت *آدا* *باباج* عندما كان عمرها سبعة عشر عامًا، في واحد من الصالونات المعروفة في لندن، واستمر كلاهما في تبادل الرسائل الوِدّية والمليئة بالأفكار على مدى السنين. وهكذا، عندما وصلت *آدا* إلى مفترق طرق في حياتها في أوائل الأربعينات من القرن التاسع عشر أرسلت *لباباج* رسالة اقترحت فيها عليه أن يكون هو سبيلًا لهروبها من الحياة المحدودة التي تعيشها في «أوكام بارك»:

> إنني توّاقة للحديث إليك. سأعطيك إشارة تدل عما سأتحدّث عنه. خطر لي أنه في وقت مستقبلي قد يكون ذهني مفيدًا لبعض من أهدافك وخططك. إذا ما ارتأيت ذلك، وإذا أمكن لي، أو كنتُ على مستوى يمكِّنُك من الاستفادة من قدراتي، فإن ذهني وعقلي سيكونان ملكًا لك.

تبين بالفعل أن ذهن *آدا* كان ذا فائدة *لباباج*، وأن تعاونهما سيقود إلى إحدى القفزات الأساسية في تاريخ الحوسبة. كتب مهندس إيطالي بحثًا



تشارلز باباج

عن آلة باباج، وبناء على نصيحة صديق لها، قامت *آدا* بترجمة نص هذا البحث إلى الإنكليزية. لدى إعلامها *باباج* بعملها هذا، قال لها متسائلًا عن سبب عدم كتابتها مقالتها الخاصّة بهذا الموضوع بدلًا من الاكتفاء بترجمة مقالة كتبها غيرها. يبدو أن *آدا*، بالرغم من طموحها، لم يخطر في بالها سابقًا الكتابة عن تحليلها، وهكذا ومع تشجيع *باباج* لها، أعدّت تعليقها المأثور، وذلك عن طريق الربط بين الأفكار التي وضعتها كسلسلة هوامش كانت قد أضافتها إلى البحث الإيطالي.

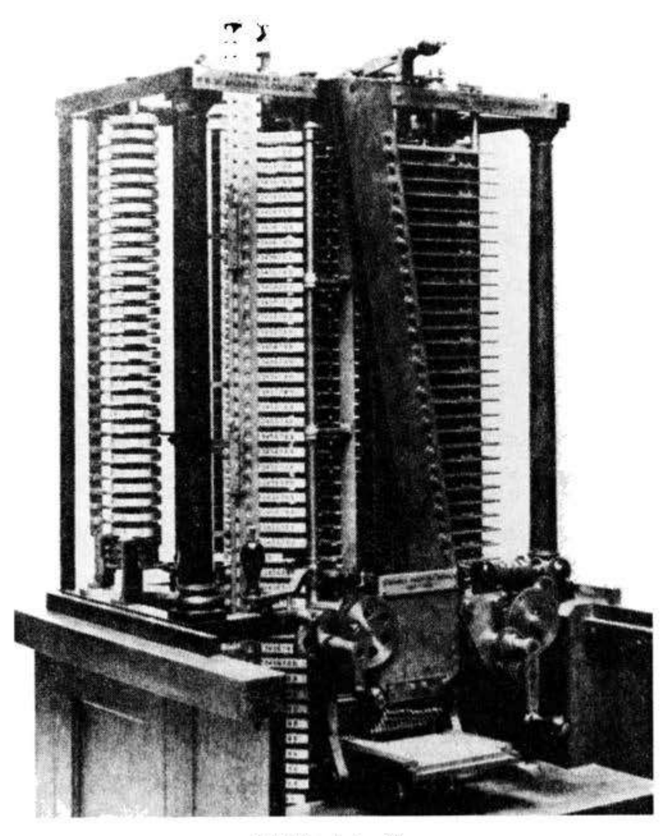
ستثبت هذه الهوامش في ما بعد أنها أكثر قيمة وتأثيرًا من النص الأساسي الذي ذيّلته. احتوت هذه الهوامش على سلسلة من التعليمات الجوهرية التي يمكن استعمالها في توجيه العمليات الحسابية في المحرك التحليلي. وهي تعتبر الآن أول الأمثلة المنشورة عن برامج الكومبيوتر، إلا أنه لم يتم بناء الآلات المناسبة التي يمكن لها تشغيل هذه البرمجيات إلا بعد انقضاء قرن كامل على كتابة هذه البرامج.

هناك عدم اتفاق حول ما إذا كانت *آدا* هي المؤلف الحصري لهذه البرمجيات، أم إنها كانت تُحسّن أداء برامج كان *باباج* نفسه قد كتبها في السابق، إلا أن مساهمة *آدا* لا تقع في كتابة برامج الكومبيوتر، وإنما في تصوّر طيف من الاستعمالات لآلة *باباج* والتي لم يأخذها هو نفسه بالاعتبار. كتبت *آدا*: «يتخيّل العديد من الأشخاص أنه بسبب كون محرك تحليل *باباج* متخصّصًا في إعطاء النتائج بالأرقام، فإن طبيعة عملياته يجب أن تكون بالضرورة حسابية وتتعامل بالأرقام بدلًا من قيامها بعمليات جبرية وتحليلية، وهذا خطأ. إذ يمكن للمحرك أن يرتّب ويضمّ كمياته الرقمية تمامًا كما لو أنها كانت أحرفًا أو أية رموز عامة أخرى. لقد ميّزت *آدا* أن آلة *باباج* لم تكن مجرّد جهاز طاحن للأرقام. فاحتمالات استعماله تجاوزت مجرّد قيامه بعمليات حسابية صَمّاء. وقد تكون يومًا ما قادرة على تنفيذ فنون أرقى.

لنفرض مثلًا، أن العلاقات الأساسية بين طبقات الأصوات في علم الإيقاع (النغمات) والتأليف الموسيقي كانت طيّعة لتعابير وتعديلات من هذا النوع، قد يتمكّن المحرّك من تأليف قطع موسيقية متقَنة وعلمية على أي مدى ودرجة من التعقيد.

كان امتلاك هذه القفزة في الخيال في أواسط القرن التاسع عشر أمرًا يفوق الإدراك تقريبًا. ومجرد إدراك فكرة الكومبيوترات القابلة للبرمجة كان أمرًا صعبًا للغاية - أخفق جميع معاصريّ *باباج* تقريبًا في فهم وإدراك ما قام باختراعه. ولكنَّ *آدا* كانت، بطريقة ما، قادرة على أخذ هذا المفهوم خطوة أبعد، إلى فكرة أنه قد يكون بإمكان هذه الآلة استحضار اللغة والفن. أتاحت أحد الهوامش التي وضعتها *آدا* حيزًا إدراكيًا سيتم إعماله في ما بعد في الكثير من ثقافة بدايات القرن العشرين: استيضاحات غوغل، الموسيقى الإلكترونية، آي تيونز (برنامج الموسيقى الذي طوّرته شركة آبل)، النصوص المدمجة (الفائقة) hypertext. لن يكون الكومبيوتر مجرد آلة حاسبة بالغة المرونة؛ وإنما سيغدو آلة تعبيرية، تمثيلية، وحتى جمالية.

بالطبع، أثبتت فكرة *باباج* وهامش آدا *لفليس* أنهما سابقان لعصرهما إلى درجة أنهما بقيا من منسيات التاريخ لفترة طويلة. أعيد اكتشاف معظم أفكار وتبصّرات *باباج* الأساسية بشكل مستقل بعد مضي مائة عام على وضعها، وذلك عندما بُنيت أوائل الكومبيوترات التي دخلت في الاستثمار في الأربعينات من القرن العشرين والتي كانت تعمل على الكهرباء وأنابيب التفريغ بدلًا من قوة البخار. لم تصبح فكرة الكومبيوترات كأداة جمالية قادرة على انتاج الثقافة، بالإضافة إلى كونها أدوات حوسبة، واسعة الانتشار حتى السبعينات من القرن العشرين وذلك حتى في مراكز التقنيات المتطوّرة مثل «بوسطن» و«وادي السيليكون».



محرِّك باباج التحليلي

تصل معظم الابتكارات -على الأقل في العصور الحديثة- في هيئة مجموعة من الاكتشافات المتزامنة. تأتي الشذرات الفكرية والتكنولوجية مع بعضها بحيث تجعل فكرةً ما أمرًا متَخَيَّلًا -وليكن مثلًا التبريد الصناعي أو المصباح- وترى الناس في كافة أنحاء العالم وبشكل مفاجئ يعملون على حل المشكلة نفسها، وعادة ما يقاربون الحل وفي ذهنهم نفس الافتراضات الأساسية حول الطريقة التي ستحلّ من خلالها المشكلة في النهاية. قد يكون إديسون وأقرانه اختلفوا حول أهمية التفريغ أو سلك الكربون في اختراع المصباح الكهربائي، ولكنَّ أيًا منهم لم يعمل على الديودات المصدِرة للضوء[1].

تنطوي هيمنة مجموعة من الاختراعات المتزامنة في السجل التاريخي على تأثيرات مثيرة في مجالَيّ فلسفة التاريخ والعلوم: ما هو الحد الذي ساهمت فيه قوانين الفيزياء، أو المعلومات أو المحدّدات الكيميائية والبيولوجية لبيئة الأرض، في حفظ مستحاثّات حجرية لتسلسل الاختراعات عبر التاريخ. نحن نسلّم بأن اختراع الأمواج الدقيقة (الميكرويف) كان لا بد أن يأتي بعد اكتشافنا للنار وسيطرتنا عليها، ولكن ما هي حتمية، لِنَقُل مثلًا، أن يأتي اختراع المقراب (التلسكوب) والمجهر الإلكتروني سريعًا بعد اختراع النظارات؟ (هل يمكن للمرء، مثلًا، تخيل حصول انقطاع يدوم مدة خمسمائة عام بعد انتشار النظارات على نطاق واسع قبل أن يفكر شخص ما في تحويلها إلى تلسكوب؟ إن ذلك يبدو بعيد الاحتمال، ولكنني أعتقد أنه ليس مستحيلًا). تُعْلِمُنا حقيقة ظهور هذه المجاميع من الاختراعات المتزامنة في سجل مستحاثّات التكنولوجيا أن التقاء بعض الحوادث التاريخية جعل، في أقل تقدير، نوعًا جديدًا من التكنولوجيا قابلًا للتخيّل بطريقة لم تكن ممكنة سابقًا.

---

(1) الديودات المصدرة للضوء Light Emmitting diodes (LED). المترجم.

إن سؤال ما الذي يمكن أن تنطوي عليه هذه الحوادث التاريخية، هو سؤال أكثر ضبابية ولكنه مدهش - وحاولت أن أضع هنا بعض الإجابات عليه. ظهرت العدسات، مثلًا، من رحم عدة تطورات بارزة: الخبرات في مجال صناعة الزجاج، وبشكل خاصّ تلك التي روكِمت في «مورانو»؛ واعتماد العدسة الزجاجية من قبل النُسَّاك كوسيلة لمساعدتهم في قِراءة رُقمِهم في مرحلة متأخّرة من حياتهم، اختراع الطباعة، والتي ولّدت موجة من ارتفاع الطلب على النظارات. (وطبعًا، الخصائص الفيزيائية الأساسية لوكسيد السيليكون بالذات). لا يمكن لنا أن نعرف بالتأكيد المدى الكامل لهذه المؤثّرات، ولا شك أن بعض هذه المؤثّرات خفية إلى درجة تجعل من الصعب علينا تقفّيها بعد مضيّ عدد كبير من السنين، فهي تشبه الضوء القادم من شموس نائية. لكن هذا السؤال يستحقّ المتابعة على الرغم من كل ذلك، حتى لو سلّمنا بأن الأجوبة عليه ستكون بشكل ما تأمّلية، بنفس الطريقة التي نواجهها عندما نحاول الإجابة عن الأسباب الكامنة وراء الحرب الأهلية في أمريكا، أو أسباب الجفاف في عصر العواصف الترابية[1].

تستحق هذه الأسئلة إيجاد إجابات لها لأننا نعيش مرحلة ثورات مشابهة في يومنا هذا، أسّس لها وصولنا إلى تخوم وفرَص أوجدها لنا الحيّز المتاخم للممكن في عصرنا الحالي. يمكن أن يساعدنا التعلّم من طرز الابتكارات التي صاغت المجتمع الماضي على تلمس طريقنا بنجاح باتجاه المستقبل، حتى لو لم تكن تفسيراتنا للماضي خالية من

(1) عصر العواصف الترابية dust bowl era: فترة من العواصف الترابية ضربت الولايات المتحدة خلال الثلاثينات من القرن العشرين، تحديدًا أعوام 1934، 1936، والفترة خلال 1940-1939. غطّت العواصف الترابية مساحة 400,000 كيلومتر مربع، وأدت إلى انجراف التربة الزراعية وعدم القدرة على زراعة هذه المناطق. المترجم.

الأخطاء، بنفس الطريقة التي تتمتّع بها النظرية العلمية. ولكن في حال كانت الاكتشافات المتزامنة هي القاعدة، ماذا عن الاستثناءات؟ ماذا عن *باباج* و*لفليس*، اللذين كانا حقيقة سابقَيْن لأي كائن بشري على سطح الكوكب بقرن من الزمن؟ تحدث معظم الابتكارات في صيغة الزمن الحاضر للحيز المتاخم للممكن، ويتم ذلك باستعمال الأدوات والمفاهيم المتوفرة في ذلك الزمن. ولكن بين فترة وأخرى، يحدث أن يقوم بعض الأفراد أو المجموعات بقفزة تبدو وكأنها انتقال بالزمن إلى المستقبل. كيف يفعلون ذلك؟ ما الذي يجعلهم يتبصَّرون ما وراء حدود الحيّز المتاخم للممكن في حين يفشل معاصروهم في القيام بذلك؟ قد يكون هذا هو أعظم الألغاز التي لم نتمكّن من حلّها بعد.

إن التفسير التقليدي لهذه الظاهرة هو بوصف هؤلاء الأشخاص بالتعبير الذي يخدم كافة الأهداف ولكنه لا يأتي بتفسير شافٍ، وهو أن ننعتهم بأنهم «عباقرة». أمكن *لدافنشي* أن يتخيّل (ويرسم) طائرة الهليوكوبتر في القرن الخامس عشر لأنه كان عبقريًا؛ وأمكن *لباباج* و*لفليس* تخيل الكومبيوترات القابلة للبرمجة في القرن التاسع عشر لأنهما كاناعبقريَّيْن. لقد كانوا من دون شكّ يمتلكون موهبة فكرية، ولكن التاريخ مليء بأفراد ذوي معدلات ذكاء عالية ولم يتمكنوا من تقديم اختراعات تسبق عصرهم بعقود أو قرون. إن بعضًا من عبقريتهم السابقة لعصرها تتأتّى من دون شك من مهاراتهم الفكرية التي يمتلكونها بشكل فطري، ولكنَّ حدسي أنَّ نفس القدر من هذه العبقرية، أتى من البيئة التي تطوّرت فيها أفكارهم، من شبكة الاهتمامات والمؤثّرات التي صاغت طريقة تفكيرهم.

إذا كان لا بد من خيط يصل بين هؤلاء المسافرين عبر الزمن، بعيدًا عن نعتهم بالعباقرة، هذا النعت الذي لا يقدّم توضيحًا شافيًا، فهو أنهم كانوا جميعًا يعملون على هوامش وحدود حقلهم الابتكاري الرسمي،

أو عند النقطة الفاصلة بين اختصاصات مختلفة. فإذا أمعنّا التفكير في اختراع *إدوارد ليون سكوت ديمارتينيك* لآلة تسجيل الصوت قبل جيل كامل من بدء إديسون بالعمل على الفونوغراف، سنجد أنه كان قادرًا على تخيل فكرة «كتابة» مَوْجات الصوت لأنه تبنى استعارات مجازية من الكتابة الاختزالية والطباعة والدراسات التشريحية لأذن الإنسان. أمكن *لآدا* فليس أن ترى الإمكانات الجمالية والفنية لمحرك *باباج* التحليلي لأنها كانت تعيش حياتها عند نقطة الاصطدام الفريدة بين الرياضيات الحديثة والشعر الرومانسي. إن غرابة وخصوصية «نظامها العصبي» - تلك الغريزة الرومانسية والقدرة على رؤية ما وراء المظهر الخارجي (السطحي) للأشياء مكّنتها من تخيل آلة قادرة على التعامل مع الرموز أو تأليف الموسيقى، بطريقة لم تكن متوفّرة لدى *باباج* نفسه.

يذكّرنا المسافرون عبر الزمن (السابقون لعصرهم)، إلى حد ما، أن العمل ضمن مجال راسخ وواضح المعالم هو أمر له تأثير تمكينيّ، وتأثير آخر يحدّ من الإمكانات في آن واحد. ابق داخل حدود اختصاصك وستقدّم تحسينات تدريجية في هذا المجال من دون صعوبات تذكر، وستتمكّن من فتح أبواب الحيّز المتاخم للممكن المتوفّرة لديك في اللحظة التاريخية المحددة. (لا يوجد أي خطأ في ذلك، فالتقدّم عادة ما يعتمد على التحسينات التدريجية). ولكن، يمكن لحدود الاختصاص أن تلعب دورًا حاجبًا ومانعًا لك من الوصول إلى الفكرة الأكبر التي لن تصبح متخَيَّلة إلا إذ عبرت تلك الحدود. قد تكون تلك الحدود أحيانًا حدودًا بالمعنى الحرفي للكلمة، أي حدود جغرافية: مثل سفر فردريك تيودور إلى «الكاريبي» وتخيّله استعمال الجليد في المناطق الاستوائية، أو قيام كلارينس بيردزآي بصيد السمك من خلال طبقة الجليد مع شعب الإنويتس، في منطقة «لابرادور». وأحيانًا تكون الحدود فكرية: تبنّي سُكوت للاستعارات المجازية من الكتابة الاختزالية في اختراعه

للفونوتوغراف. يميل المسافرون عبر الزمن (السابقون لعصرهم)، كمجموعة، إلى امتلاك هوايات: لنفكر مثلًا بداروين وأزهار الأوركيد التي اهتم بها. عندما نشر داروين كتابه عن تلقيح الأزهار بعد أربع سنوات من كتابه أصل الأنواع، أعطاه العنوان الفيكتوري الرائع، حول الحِيَل المتنوعة التي تُخَصَّب من خلالها أزهار الأوركيد البريطانية بواسطة الحشرات، وحول التأثيرات الجيدة للتهجين[1]. نحن الآن ندرك «التأثيرات الجيدة للتهجين»، ويعود الفضل في ذلك إلى علم الوراثة الحديث، ولكن هذا المبدأ ينطبق أيضًا على التاريخ الفكري، أي تأثير تلاقح الأفكار على تطوّرها التاريخي. يمتلك المسافرون عبر الزمن (سابقو عصورهم) مهارة غير اعتيادية على التهجين بين حقول مختلفة من الخبرات والمعرفة. وهذا هو موضع جمال من يهوى هذا النوع من الأعمال: إنه من الأسهل بشكل عام مزج حقول فكرية مختلفة مع بعضها عندما تتوفّر منظومة كاملة منها لديك في ورشة العمل أو في المختبر.

أحد الأسباب التي جعلت ورشات العمل رمزًا لمكان عمل المبتكرين هو أنها تتواجد تحديدًا خارج الحيازات التقليدية المخصَّصة للأبحاث أو العمل. فهي ليست حُجرات مكتبية أو مخابر أبحاث، وإنما هي أماكن بعيدة عن مكان العمل أو أماكن الدراسة والبحث، هي أماكن تُمَكِّن العاملين من تطوير وتنمية اهتماماتهم الهامشية. يتوجه الخبراء في مجالاتهم إلى مكاتبهم في إحدى زوايا البناء الذي يعملون فيه أو إلى قاعات المحاضرات. في حين أن الورشة هي مكان العمل للقراصنة الذين يعملون على الهامش، لأولئك الذين يجرّبون أشياء غير تقليدية، لأولئك الصُّناع. لا تُعَرَّف الورشات بمجال واحد محدّد من الصناعة،

On the Various Contrivances by Which British and Foreign Orchids (1) are Fertilised by Insects, and On the Good Effects of Intercrossing.

وأنما تُعَرَّف بالاهتمامات الانتقائية لقاطنيها. إنها أماكن تلتقي فيها شبكات المنظومات الفكرية.

في خطابه الذي ألقاه في حفل تخرج للطلاب في جامعة «ستانفورد» أطلَعنا ستيف جوبز -المخترع العظيم في عصرنا الذي خرجت اختراعاته من أماكن الورشات- على عدة قصص حول القوة الخلّاقة التي تولّدها مصادفة خبرات جديدة في الحياة: مثل ترك الكلية في الجامعة واتباع برنامج تدريسي في مجال الخطط والتخطيط، الأمر الذي سيقوده في النهاية إلى صياغة الواجهة الرسومية البينية graphic interface لكومبيوترات الماكنتوش، أو أن يُجبَرَ على مغادرة شركة آبل للكومبيوترات وهو في عمر الثلاثين، ما مكّنه من إطلاق شركة بِكْسَر Pixer للتقنيات الرقمية لإنتاج أفلام الرسوم المتحرّكة وتخليق كومبيوترات نيكست NeXT المتخصّصة بالتعليم العالي وأسواق المال. أوضحَ جوبز حالته بعد اضطراره إلى ترك عمل بَرَع فيه وأحرز نجاحًا بقوله: «لقد استُبدِل ثِقَلُ النجاح بِخِفَّة كوني مبتدئًا من جديد. منحني ذلك حرية الدخول في أكثر مراحل حياتي إبداعًا».

إلا أنه هناك مفارقة غريبة في نهاية خطاب جوبز. فبعد توثيقه للطرائق التي تلعب فيها المصادفات والبحث الاستكشافي في تحرير العقل، أنهى خطابه بمناشدة وجدانية ألا وهي: «أن يبقى المرء صادقًا مع نفسه»:

> لا تسمح للمبادئ والعقيدة أن تأسرك - أي أن تبقى أسيرًا لنتائج تفكير الآخرين. لا تجعل الضجيج الناجم عن آراء الآخرين يُغرق صوتك الداخلي. والأكثر أهمية من كل ذلك، امتلك الشجاعة للسير وراء قلبك وحدسك.

إذا كان لنا أن نعرف شيئًا عن تاريخ الابتكارات - وبشكل خاص من تاريخ المبتكرين المسافرين عبر الزمن (السابقين لعصرهم) فهو

أنه لا يكفي أن تكون صادقًا مع نفسك. بالتأكيد، لا يُفترض بك أن تقع في حبال الأرثوذوكسية والحكمة التقليدية. من المؤكد أيضًا، أن المبتكرين الذين سُرِدت قصصهم في هذا الكتاب كان لديهم الإصرار والتصميم على الالتصاق بحسّهم الداخلي وتصديقه لفترات طويلة من الزمن. ولكن في المقابل هناك خطورة من بقاء الإنسان صادقًا مع حسّه الداخلي، مع هويته وجذوره. من الأفضل تحدّي حدسك الداخلي، واستكشاف المناطق المجهولة، بالمعنى الحرفي والمجازي للكلمة. الأفضل لك تأسيس علاقات واتصالات جديدة بدلًا من بقائك مرتاحًا لروتينك المعتاد. إذا أردتَ تحسين العالم قليلًا، فإنك بحاجة إلى التركيز والتصميم؛ عليك البقاء داخل حدود حقل معرفي محدّد وفتح أبواب جديدة في الحيز المتاخم للممكن، بابًا إثر باب، مرةً إثر مرة. أما إذا اردت أن تكون مثل *آدا لفليس*، إذا أردت أن تمتلك إدراكًا حدسيًا للأشياء المخفية - يتوجب عليك، في هذه الحالة، أن تضيع قليلًا.



شكر

هناك إيقاعات اجتماعية متوقّعة تترافق مع كتابة المؤلفات، على الأقل من خلال خبرتي وتجربتي: إذ تبدأ بما هو أقرب إلى العزلة التامة، الكاتب/ الكاتبة بمفرده/ ها مع أفكاره/ ها، ويبقون في هذا الحيز الحميم لأشهر وأحيانًا لأعوام، لا يقطعها سوى مقابلة تحصل بالصدفة أو حديث مع الناشر. بعد ذلك، ومع اقتراب موعد نشر الكتاب تتّسع الدائرة الاجتماعية: لتجد فجأة دزينة من الناس تقرأ وتساعد في تحويل مخطوطة غير مكتملة إلى منتج نهائي منقّح. بعد ذلك يجتاح الكتاب رفوف المكتبات، ويصبح كل هذا العمل السابق ملكًا للجمهور، مع آلاف المكتبات، والموظفين، ونقّاد النص، والمقابلات الإذاعية، والقرّاء يتفاعلون مع كلمات بدأت حياتها انطلاقًا من علاقتها الحميمة مع كاتبها. لتبدأ بعد ذلك هذه الدورة بكاملها من جديد.

ولكن هذا الكتاب اتبع نموذجًا مختلفًا تمامًا. لقد كان عملية اجتماعية تعاونية منذ بدايته ويعود الفضل بذلك إلى تطوير مسلسل PBS /BBC[1] التلفزيوني الذي تزامن مع كتابة هذا الكتاب. إن قصص الكتاب والملاحظات المدوّنة فيه، إضافة إلى بنائه المتماسك تطورت من خلال مئات المحادثات: في «كاليفورنيا» «لندن» «نيويورك» و«واشنطن» عبر رسائل البريد الإلكتروني ومحادثات عبر السكايب، المتبادلة مع عشرات الناس. لقد كان تنفيذ المسلسل التلفزيوني وكتابة الكتاب أصعب عمل قمت بتنفيذه خلال حياتي كلها – ولم يكن هذا

(1) Public Broadcastin Service (PBS) خدمة البث التلفزيوني العامة. British Broadcasting Corporation (BBC) شركة البث البريطانية.

فقط عندما أجبروني على النزول إلى شبكات الصرف الصحي في «سان فرانسيسكو»، ولكنه كان ايضًا أكثر عمل أشعرني بالرضى الناجم عن إنجاز شيء ذي قيمة، ويعود ذلك بشكل كبير إلى أن من تعاونوا معي في إنجاز هذا العمل كانوا أشخاصًا خلّاقين وممتعين بشكل لا يوصف. لقد أفاد هذا الكتاب من ذكائهم ودعمهم بألف طريقة مختلفة.

يبدأ عرفاني بالجميل بالسيدة التي لا يمكن كبح جماحها، جين روت، والتي أقنعتني بأن أجرّب العمل في التلفزيون، وبقيت البطل الذي لا يكلّ على امتداد الفترة التي استغرقها هذا المشروع. (أشكر *مايكل* جاكسون الذي كان سببًا في تعارفنا منذ سنوات عديدة). وكمنتجين، قام بيتر *لفيرينغ*، *فيل كريغ*، و*داين بيترلي* بتشكيل أفكار هذا الكتاب وسرديته بمهارة عظيمة وإبداع غير محدود، وكذلك فعل جولين جونز، وباول *أولدينغ*، ونيك *ستاسي*. لم يكن من الممكن تقريبًا إتمام مشروع بهذا التعقيد، وامتلاك هذا العدد الكبير من المسارات السردية، من دون مساعدة الباحثين الذي عملوا معنا ومنتجي قصصهذا الكتاب وهم جميلة *توينتش*، *سايمون ويلغوس*، *روان غريناوي*، *جاك تشابمان*، *جيس برادشو*، وميريام *ريفز*. كذلك أرغب في شكر هيلينا *تايت*، *كيرستي أرغهارت-دايفز*، جيني وولف، والآخرين في فريق نوتوبيا. (غنيّ عن الذكر هنا الفنانون الإيضاحيون العاملون لدى بيبشو كوليكتيف). إنني مدين لـ بيث هوب وبيل *غاردنر* اللذين يعملان في خدمة البث العامة PBS لثقتهما اللامحدودة بي، كذلك أدين بالثقة لـ جينيفر لوسون من شركة البث العام CPB[1] ولـ ديف ديفز من شركة أوريغون للبث العام OPB[2] ولـ*مارتن ديفيدسون* من شركة البث البريطانية BBC.

---

(1) Corporation For Public Broadcast (CPB): شركة البث العام، شركة بث أمريكية، خاصة غير ربحية.

(2) Oregon Public Broadcasting (OPB): شركة أوريغون للبث العام.

لا يمكن لعمل يغطي عددًا كبيرًا من حقول المعرفة كهذا الكتاب النجاح إلا إذا نهل واستفاد من خبرة الآخرين. أعبّر عن شكري للعديد من الأشخاص الموهوبين الذين قمنا بمقابلتهم في إطار الإعداد لهذا المشروع، والذين كان بعضهم على درجة من اللطف بحيث قرأوا أجزاء من هذا الكتاب عندما كان لا يزال في مرحلة التحضير: تيري آدمز، كاثرين آشينبيرغ، روزا باروفير، ستيوارت براند، جيسون براون، دكتور راي بريغز، ستان بنغر، كيفن كونر، جين كروشيتش، جون ديونوفا، جيسون ديتشلر، جاك ديبوا، دكتور مايك دان، كاترينا فيك، كيفن فيتزباتريك، غاي جيراردي، دافيد جيوفانوني، بيغي غَودوين، ثوماس جيتس، ألفين هول، غرانت هيل، شارون هادجينز، كيفن كيلي، كريغ كوسلوفسكي، آلان ماكفارلين، دافيد مارشال، ديميتريوس ماتساكيس، أليكسيس ماكروسين، هولي موراكو، ليندن موراي، برنارد ناغنغاست، ماكس نوفا، مارك أوسترمان، بلير بيركينز، لورانس بيتينيللي، دكتور ريتشل رامبي، إيغور ريزنيكوف، إيمون رايان، جينيفر رايان، مايكل دي رايان، ستيفن روزين، ديفيد سالفاتور، توم شيفر، إريك بي شولتز، إيميلي ثومبسون، جيري ثراشر، بِل وازيك، جيف يونغ إد يونغ، وكارل زيمر.

في «ريفرهيد»، ساهم ما عوَّدني عليه محرّر هذا الكتاب وناشره جيفري كلوسك من إحساس مرهف في تجديد ما يحتاجه هذا الكتاب من عمل تحريري، مع الرؤية الفنية لتصميمه، في تشكيل هذا المشروع منذ البداية. جزيل الشكر أيضًا لـ كيسي بلو جيمس، هال فيزندين، وكيت ستارك في «ريفرهيد»، ولناشرَيَّ في «المملكة المتحدة»، ستيفان ماكراث وجوزفين غريوود. وكالعادة، شكري الجزيل لمديرة أعمالي، ليديا ويليس، لإيمانها المستمر بهذا المشروع على مدى نصف عقد تقريبًا.

ختامًا، حبي وعرفاني لزوجتي، *أليكسا*، ولأولادي كلِي، روان، ودين. بشكل عام، أدى اتخاذي تأليف الكتب كمهنة إلى قضاء وقت أكبر معهم، وما رافق ذلك من التسويف والتأجيل في القيام بعملي بإضاعة الوقت في المنزل والحديث إلى زوجتي *أليكسا*، وإحضار الأولاد من المدرسة. ولكن هذا المشروع أبقاني بعيدًا عنهم أكثر من أن أكون بقربهم، وإن كنت جسديًا معهم في المنزل. لذلك، لكم أنتم الأربعة شكري لتحملكم غيابي. على أمل أن يكون هذا الغياب قد عمَّق الحب في القلوب. من جهتي أنا أعرف أنه قد عمَّق حبي لكم.

"كاتبٌ مبدعٌ لتاريخ العلوم"
Bill Clinton

"كتاب يوسّع أفق القارئ، إن هذا الكتاب هو احتفاء بالعقل البشري".
The Daily Beast

"جونسون هو كاتب مخضرم في مجال تاريخ الأفكار.. كيف وصلنا إلى الآن كتاب موثوق، ممتع، يتحدى اعتيادنا ويشعل انطفاء انبهارنا بالمعجزات المحققة التي تحيط بنا".
The Guardian

"كتب جونسون سلسلة من الكتب الرائعة عن تاريخ الابتكارات التكنولوجية جعلت منه الأكثر إقناعًا بدور التعاون في إنجازها... معرفته واسعة جدًّا".
The Wall Street Journal

"كتاب غير معقول... إنها طريقة مبتكرة للحديث عن التاريخ".
Jon Stewart

"لا يسع القارئ سوى أن يقف معجَبًا ومندهشًا ببراعة الإنسان، بما في ذلك براعة جونسون نفسه، في إنجاز رسم المسار التاريخي الذي يشبه المتاهة لهذه الاختراعات المذهلة، والتطوّر من ابتكار إلى آخر".
Sunday Times

"إن جونسون كاتب متعدد الثقافات، مِن المبهج تتبع المسار غير المتوقَّع لقطار أفكاره.. فمن أجل أن يوضّح لماذا غيرت بعض الأفكار العالم كله، نراه يبحث في تخصصات مختلفة من الكيمياء إلى التاريخ الاجتماعي إلى الجغرافيا وحتى علم النظم البيئية".
Los Angeles Times

***

ستيفن جونسون: كاتب أمريكي حقّقت كتبه أفضل المبيعات، ومنها، "من أين تأتي الأفكار الجديدة، المستقبل المثالي، ابتكار الهواء، خارطة الظل، وكل شيء سيئ هو مفيد لك". وهو مؤسّس مجموعة من المواقع الإلكترونية المؤثّرة، ويكتب في كبرى المجلات والصحف العالمية.

ISBN 978-614-472-179-7





